

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΑΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βελτιστοποίηση διαχείρισης διανομής της Εταιρείας ΚΡΥΣΤΑΛ με  
χρήση On Line Dial-Ride αλγορίθμων

Από τον

ΜΑΡΓΑΡΗ ΓΙΑΝΝΗ

Μηχανικό Παραγωγής & Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης

Βόλος

2019

### **Εγκρίθηκε από τα τρία μέλη της εξεταστικής επιτροπής**

Επικεφαλής Εξεταστής (Επιβλέπων Καθηγητής)	Αθανάσιος Ζηλιασκόπουλος (Καθηγητής) Καθηγητής Βελτιστοποίησης Συστημάτων Παραγωγής / Μεταφορών Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Δεύτερος Εξεταστής	Δρ. Αθανάσιος Λόης
Τρίτος Εξεταστής	Δρ. Δημήτριος Παντελής Επίκουρος Καθηγητής σε Στοχαστικά Πρότυπα Έρευνας Επιχειρήσεων στη Βιομηχανική Διοίκησης Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

### **Ευχαριστίες**

Αυτή η διπλωματική εργασία δεν θα ήταν εφικτή δίχως την συμβολή πολλών ανθρώπων. Ευχαριστώ πολύ τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Τ. Ζηλιασκόπουλο και ιδιαίτερα τον βοηθό του κ. Αθανάσιο Λόη, ο οποίος διάβασε τις ιδέες μου, τις στήριξε με την εμπειρία του και την δεκτικότητα του και μου έδωσε τις λύσεις για την υλοποίηση αυτής της εργασίας στο κάθε στάδιο της. Ιδιαίτερες ευχαριστίες στην οικογένεια μου για την στήριξη και την αγάπη τους.

Μάργαρης Γιάννης

# Η περίπτωση της Εταιρείας Κρυστάλ

Από τον

Μάργαρη Γιάννη

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, 2019

Επιβλέπων καθηγητής:

Δρ. Αθανάσιος Ζηλιασκόπουλος

Καθηγητής Βελτιστοποίησης Συστημάτων Παραγωγής /  
Μεταφορών  
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο  
Θεσσαλίας

## Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, προσπαθήσαμε να βελτιστοποιήσουμε κάποιες διεργασίες που αφορούν την Εταιρεία Καθαριστικών Κρυστάλ. Αρχικά προσπαθήσαμε να βελτιώσουμε το σύστημα δρομολόγησης των οχημάτων της Εταιρείας για τις Στατικές του ζητήσεις στον μήνα Μάρτη του 2019. Κατόπιν συνειδητοποιήσαμε ότι στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν μόνο Στατικές ζητήσεις, αλλά και δυναμικές και προσπαθήσαμε να τις βελτιώσουμε και αυτές, εντάσσοντας τις σε έναν On Line Heuristic Αλγόριθμο. Τέλος συμπεραίνουμε ότι το δίκτυο διανομής που σχηματίζει ένας Heuristic Αλγόριθμος για Στατικές ζητήσεις είναι πολύ πιο αποδοτικό από το δίκτυο διανομής που σχηματίζεται από On Line (On-Darp- NoOpt) Heuristic Αλγόριθμο.

# Περιεχόμενα

Κατάλογος εικόνων .....	6
Κατάλογος Πινάκων .....	7
1. Περίληψη .....	8
1. Abstract.....	10
1. Εισαγωγή .....	11
2. Διαχείριση μεταφορών (logistics management) .....	13
2.1 Εισαγωγή .....	13
2.1.1 Κύρια χαρακτηριστικά Διαχείρισης Logistics .....	13
2.1.2 Αρμοδιότητες διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας .....	14
2.1.3 Σύγχρονες τεχνολογίες στα logistics .....	16
2.1.4 Εφαρμογή της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσα στην επιχείρηση ....	17
2.1.5 Η Εφοδιαστική αλυσίδα και οργάνωση της εταιρείας.....	19
2.2 Εφοδιαστική τρίτου μέρους (3PL logistics: Third Party logistics) .....	20
2.2.1 Τύποι εφοδιαστικής αλυσίδας τρίτου μέρους.....	21
2.3 Επίπεδα .....	22
2.4 Διαχείριση του ανθρώπινου δυναμικού σε μία επιχείρηση .....	25
2.5 Επιχειρησιακή λειτουργία.....	26
2.6 Κέρδη της εφοδιαστικής αλυσίδας και μελλοντικές προκλήσεις .....	29
3. Το πρόβλημα δρομολόγησης οχήματος (Vehicle Routing Problem) και οι επεκτάσεις του.....	30
3.1 Εισαγωγή στο πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή.....	30
3.1.2 Πρόβλημα διαδρομής του οχήματος.....	30
3.1.3 Περιπτώσεις VRP .....	32
3.1.4 Εφαρμογές VRP.....	33
3.1.5 Ακριβείς Αλγόριθμοι για το VRP .....	36
3.1.6 Ευρετικός Αλγόριθμος για το VRP.....	37
3.2 Επεκτάσεις του προβλήματος VRP .....	38
3.2.1 Πρόβλημα Δρομολόγηση οχήματος με περιορισμένη χωρητικότητα του στόλου (CVRP) .....	38
3.2.2 Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με ετερογενή στόλο.....	39

3.3 VRP με TWs (Vehicle Routing Problems with Time Windows) .....	43
3.3.1 Εισαγωγή .....	43
3.3.2 Τα προβλήματα δρομολόγησης του οχήματος με τα χρονικά παράθυρα .....	45
3.3.3 Χρήσιμα ευρετικά και μετα-ευρετικά για τη δρομολόγηση οχημάτων .....	46
3.3.4 Πρόβλημα δρομολόγησης οχήματος με την παραλαβή και την παράδοση .....	47
3.3.5 Πρόβλημα δρομολόγησης οχήματος με πολλαπλές αποθήκες .....	49
4. Η Εταιρεία Κρυστάλ .....	53
4.1 Ιστορική Αναδρομή .....	53
4.2 Οι στόχοι και η Φιλοσοφία της Εταιρείας .....	58
4.3 Τα Προϊόντα της Εταιρείας .....	60
4.4 Η Περίπτωση του συστήματος διανομής της Εταιρείας Κρυστάλ .....	61
4.5 Βελτιστοποίηση του συστήματος διανομής στις στατικές απαιτήσεις παράδοσης ..	66
4.6 On Line Line (On- Darp- NoOpt) Αλγόριθμος για Έκτακτη Βελτιστοποίηση του συστήματος διανομής στις δυναμικές απαιτήσεις παράδοσης .....	75
4.7 Συμπεράσματα .....	88
APPENDIX .....	89
Βιβλιογραφία .....	158

## Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1. Προβλημα δρομολόγησης οχημάτων.....	31
Εικόνα 2. Τύποι VRP.....	32
Εικόνα 3. Ένα παράδειγμα VRP πολλαπλών αποθηκών (οι κουκίδες Α και Β είναι αποθήκες και οι υπόλοιποι πελάτες).....	52
Εικόνα 4: Οι σύγχρονες εγκαταστάσεις της Εταιρείας Κρυστάλ στην Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου.....	56
Εικόνα 5: Το εσωτερικό των αποθηκών της Εταιρείας Κρυστάλ.....	57
Εικόνα 6: Φυλλάδιο με τα προϊόντα της Εταιρείας.....	61
Εικόνα 7: Φωτογραφίες από τον στόλο διανομής της Εταιρείας.....	62
Εικόνα 8. Ο αλγόριθμος της ευρετικής προσέγγισης που χρησιμοποιήθηκε για αυτή την διπλωματική εργασία.....	67
Εικόνα 9. Διάγραμμα Σύγκρισης Συνολικών Χιλιομέτρων μεταξύ των δεδομένων από τους ταχογράφους των φορτηγών της Εταιρείας και του Heuristic Αλγορίθμου.....	70
Εικόνα 10. Διάγραμμα Σύγκρισης του Συνολικού Κόστους Διανομής της Εταιρείας Κρυστάλ με το Συνολικό Κόστος που προκύπτει από το Σενάριο Heuristic.....	71
Εικόνα 11. Η διαδρομή, όπως αποτυπώνεται στο google maps, του φορτηγού Mercedes 4, όπως προκύπτει από τον ευρετικό αλγόριθμο Heuristic για την Τρίτη 12.3.2019.....	74
Εικόνα 12. Η διαδρομή, όπως αποτυπώνεται στο google maps, του φορτηγού Mercedes 3, όπως προκύπτει από τον ευρετικό αλγόριθμο Heuristic για την Τρίτη 12.3.2019.....	74
Εικόνα 13. Διάγραμμα Σύγκρισης του Συνολικού Κόστους Διανομής της Εταιρείας Κρυστάλ με το Συνολικό Κόστος που προκύπτει από τον On Line (On- Darp- NoOpt) Αλγόριθμο.....	80
Εικόνα 14. Διάγραμμα Σύγκρισης του Συνολικού Κόστους μεταξύ On Line (On- Darp- NoOpt) αλγορίθμου και Heuristic αλγορίθμου για τις στατικές ζητήσεις.....	82
Εικόνα 15. Η διαδρομή, όπως αποτυπώνεται στο Google maps, του φορτηγού Mercedes 1, Για τις Στατικές ζητήσεις όπως προκύπτει από τον Heuristic αλγόριθμο για την Δευτέρα 11.3.2019.....	83
Εικόνα 16. Η διαδρομή, όπως αποτυπώνεται στο Google maps, του φορτηγού Mercedes 3, Για τις Στατικές ζητήσεις όπως προκύπτει από τον Heuristic αλγόριθμο για την Δευτέρα 11.3.2019.....	83

Εικόνα 17. Η διαδρομή, όπως αποτυπώνεται στο Google maps, του φορτηγού Mercedes 3, Για τις On Line ζητήσεις όπως προκύπτει από τον Heuristic αλγόριθμο για την Δευτέρα 11.3.2019.....	84
Εικόνα 18. Η διαδρομή, όπως αποτυπώνεται στο Google maps, του φορτηγού Mercedes 3, Για τις Στατικές ζητήσεις όπως προκύπτει από τον Heuristic αλγόριθμο για την Δευτέρα 13.3.2019, για τους πελάτες κατά Α/Α και κατά σειρά παράδοσης , όπως ο Heuristic Αλγόριθμος τους διένειμε: 8,7,12,3,11,5,2.....	85
Εικόνα 19. Η διαδρομή, όπως αποτυπώνεται στο Google maps, του φορτηγού Mercedes 4, Για τις Στατικές ζητήσεις όπως προκύπτει από τον Heuristic αλγόριθμο για την Δευτέρα 13.3.2019, για τους πελάτες κατά Α/Α και κατά σειρά παράδοσης , όπως ο Heuristic Αλγόριθμος τους διένειμε: 15,14,13.....	85
Εικόνα 20. Η διαδρομή, όπως αποτυπώνεται στο Google maps, του φορτηγού Mercedes 1, Για τις Στατικές ζητήσεις όπως προκύπτει από τον Heuristic αλγόριθμο για την Δευτέρα 13.3.2019, για τους πελάτες κατά Α/Α και κατά σειρά παράδοσης , όπως ο On Line Heuristic Αλγόριθμος τους διένειμε: 8,7,3,11,5,2,pel_on4.....	86
Εικόνα 21. Η διαδρομή, όπως αποτυπώνεται στο Google maps, του φορτηγού Mercedes 2, Για τις Στατικές ζητήσεις όπως προκύπτει από τον Heuristic αλγόριθμο για την Δευτέρα 13.3.2019, για τους πελάτες κατά Α/Α και κατά σειρά παράδοσης , όπως ο On Line Heuristic Αλγόριθμος τους διένειμε: 15,14,13,12, pel_on2, pel_on1,pel_on3.....	86

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Λίστα με τις Λεπτομέρειες του Στόλου της Εταιρείας Κρυστάλ.....	62
Πίνακας 2. Λίστα με όλους τους Πελάτες της Εταιρείας Κρυστάλ στον νομό Θεσσαλίας.....	64
Πίνακας 3. Λίστα με τους Πελάτες, στον νομό Θεσσαλίας, που δέχονται τις παραγγελίες έως τις 13.30.....	65
Πίνακας 4. Λίστα με τους Πελάτες, στον νομό Θεσσαλίας, που δέχονται τις παραγγελίες έως τις 12.00.....	66
Πίνακας 5: Λίστα με τις Στατικές ζητήσεις παραγγελιών ανά Πόλη.....	68
Πίνακας 6: Λίστα με τα κόστη όπως προέκυψαν από το Heuristic Σενάριο για τις Στατικές ζητήσεις των παραγγελιών ανά μέρα για τον μήνα Μάρτιο.....	69
Πίνακας 7: Λίστα με τα κόστη όπως προέκυψαν από τα δεδομένα του ταχογράφου για τις Στατικές ζητήσεις της Εταιρείας Κρυστάλ ανά μέρα για τον μήνα Μάρτιο.....	70

Πίνακας 8: Λίστα με τους Πελάτες, στις 12.3.2019 μέρα για την οποία εφαρμόστηκε ο Heuristic αλγόριθμος.....	72
Πίνακας 9: Λίστα με τους Πελάτες, στις 12.3.2019 ημέρα για τη οποία εφαρμόστηκε ο Heuristic αλγόριθμος και εξυπηρετήθηκαν από το φορτηγό Mercedes 4.....	72
Πίνακας 10: Λίστα με τους Πελάτες, στις 12.3.2019 ημέρα για τη οποία εφαρμόστηκε ο Heuristic αλγόριθμος και εξυπηρετήθηκαν από το φορτηγό Mercedes 3.....	72
Πίνακας 11: Λίστα με τον τύπο των φορτηγών και τις αντίστοιχες καταναλώσεις τους που εξυπηρετούν τις Στατικές ζητήσεις για τις συγκεκριμένες ημερομηνίες.....	76
Πίνακας 12: Λίστα με τον τύπο των φορτηγών και τις αντίστοιχες καταναλώσεις τους που εξυπηρετούν τις Στατικές αλλά και τις επιπλέον ζητήσεις για τις συγκεκριμένες ημερομηνίες.....	76
Πίνακας 13: Λίστα με τους στατικούς Πελάτες για την ημέρα 11.3.2018, αλλά και με τους επιπλέον πελάτες οι οποίοι προέκυψαν κατά την διάρκεια της παράδοσης και για τους οποίους χρησιμοποιήθηκε ο On Line (On- Darp- NoOpt) αλγόριθμος.....	77
Πίνακας 14: Λίστα με τους στατικούς Πελάτες για την ημέρα 12.3.2018, αλλά και με τους επιπλέον πελάτες οι οποίοι προέκυψαν κατά την διάρκεια της παράδοσης και για τους οποίους χρησιμοποιήθηκε ο On Line (On- Darp- NoOpt) αλγόριθμος.....	78
Πίνακας 15: Λίστα με τους στατικούς Πελάτες για την ημέρα 13.3.2018, αλλά και με τους επιπλέον πελάτες οι οποίοι προέκυψαν κατά την διάρκεια της παράδοσης και για τους οποίους χρησιμοποιήθηκε ο On Line (On- Darp- NoOpt) αλγόριθμος.....	78
Πίνακας 16: Λίστα με τους στατικούς Πελάτες για την ημέρα 14.3.2018, αλλά και με τους επιπλέον πελάτες οι οποίοι προέκυψαν κατά την διάρκεια της παράδοσης και για τους οποίους χρησιμοποιήθηκε ο On Line (On- Darp- NoOpt) αλγόριθμος.....	79
Πίνακας 17: Λίστα με τα Συνολικά Χιλιόμετρα, τον αριθμό των φορτηγών και τα συνολικά κόστη όπως προέκυψαν από την έξοδο του On Line (On- Darp- NoOpt) αλγορίθμου για την κάλυψη των Στατικών αλλά και της επιπλέον ζήτησης, της Εταιρείας Κρυστάλ, όπως προέκυψε για το διάστημα από 11.3.2019 – 14.3.2019.....	79
Πίνακας 18: Λίστα με τα Συνολικά Χιλιόμετρα, τον αριθμό των φορτηγών και τα συνολικά κόστη όπως προέκυψαν από τα δεδομένα του ταχογράφου για τις Στατικές αλλά και της επιπλέον ζήτησης, της Εταιρείας Κρυστάλ, όπως προέκυψε για το διάστημα από 11.3.2019 – 14.3.2019.....	80
Πίνακας 19: Λίστα με τα Συνολικά Χιλιόμετρα, τον αριθμό των φορτηγών και τα συνολικά κόστη όπως προέκυψαν από το Heuristic Σενάριο για τις Στατικές και τις επιπλέον ζητήσεις των παραγγελιών στο διάστημα 11.3.2019 - 14.3.2019.....	81
Πίνακας 20: Λίστα με τα Συνολικά Χιλιόμετρα, τον αριθμό των φορτηγών και τα συνολικά κόστη όπως προέκυψαν από τις Στατικές ζητήσεις των παραγγελιών στο διάστημα 11.3.2019 – 14.3.2019.....	82



## 1. Περίληψη

Η παρούσα εργασία μελετάει θέματα logistics και δρομολόγησης οχημάτων (VRP: Vehicle Routing Problem). Αρχικά γίνεται μία εισαγωγή στην οποία μεταξύ άλλων δίνονται οι ορισμοί των logistics και του VRP. Στη συνέχεια αναλύονται οι βασικές αρχές logistics και οι λειτουργίες διαχείρισης των logistics. Παραθέτονται τα οφέλη από την ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών στην εφοδιαστική και αναφέρεται ο ρόλος και η χρησιμότητα της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας στις επιχειρήσεις. Δίνεται, ακόμα, η θέση της εφοδιαστικής αλυσίδας στην οργανωτική δομή της επιχείρησης και αναλύεται η χρησιμότητα του ανθρώπινου δυναμικού στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αναλύεται, επίσης, η διαχείριση του κόστους και της διοικητικής μέριμνας ενώ επισημαίνεται η χρησιμότητα των logistics στην οικονομία. Κατόπιν παρατίθενται οι 7 αρχές των logistics management, τα οφέλη από την λειτουργία των logistics καθώς και οι μελλοντικές προκλήσεις.

Στη συνέχεια της εργασίας μελετάται το πρόβλημα δρομολόγησης οχήματος (Vehicle Routing Problem) και οι προεκτάσεις του. Γίνεται μία εισαγωγή στο πρόβλημα του ταξιδιώτη πωλήσεων και της δρομολόγησης οχημάτων και αναλύονται οι επεκτάσεις του VRP. Στην συνέχεια μελετάται το CVRP ( : Capacitated VRP). Έπειτα μελετάται το VRP ετερογενούς στόλου και το δυναμικό VRP. Τέλος, μελετάται το VRP με χρονικά παράθυρα και το VRP με πολλαπλές αποθήκες.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα προσπαθήσουμε να βελτιστοποιήσουμε κάποιες από τις διεργασίες της Εταιρείας Κρυστάλ του κ. Δουλόπουλου. Αρχικά προσπαθήσαμε να βελτιώσουμε το στατικό σύστημα διανομής της εταιρείας, το οποίο επανδρώνεται από τέσσερα φορτηγά αυτοκίνητα, πετυχαίνοντας μείωση στα έξοδα της εταιρείας κατά 15.55% για το διάστημα από 1.3.2019 έως 30.3.2019, σχεδιάζοντας μια πιο αποτελεσματική διαδρομή για τις πιο φορτισμένες μέρες διανομής. Στη συνέχεια εφαρμόσαμε τον On Line (On- Darp- NoOpt) αλγόριθμο για την έκτακτη Βελτιστοποίηση του συστήματος διανομής στις δυναμικές απαιτήσεις παράδοσης των παραγγελιών. Τέλος συγκρίναμε την αποτελεσματικότητα του On Line (On- Darp- NoOpt) Αλγορίθμου και του Heuristic Αλγορίθμου για τις Στατικές ζητήσεις και τα καταλήξαμε ότι είναι πολύ πιο αποδοτικό όταν γνωρίζουμε από πριν

τις Στάσεις παράδοσης (Στατικές ζήτησεις) και σχηματίζουμε το δίκτυο μας μέσω του Heuristic Αλγορίθμου.

## 1. Abstract

This document looks at the Vehicle Routing Problem (VRP). First, an introduction is made, which includes, among other things, the definitions of logistics and VRP. We then analyze the basic logistics principles and logistics management functions. Describes the benefits of integrating new technologies into logistics and mentions the role and utility of logistics management in business. The logistics position in the organizational structure of the organization is also provided and the role of human resources in logistics management is analyzed. It also analyzes cost management and logistics and notes the role of logistics in the economy. Below are the seven principles of supply chain management, supply chain benefits and future challenges.

Then the problem of vehicle routing problem and its extensions is being studied. There is an introduction to the vendor problem and the routing of the vehicles and the VRP extensions are analyzed. The problem of routing a vehicle with limited fleet capacity (CVRP) is listed below. The problem of routing vehicles with a heterogeneous fleet and the probable problem of routing vehicles is then analyzed. Finally, the problem of routing a vehicle with time windows and the problem of routing a multi-storey vehicle is analyzed.

In this diploma thesis, we will try to optimize some of the processes of DOULOPOULOS S.A. We initially tried to improve the company's static distribution system, which has four trucks, achieving a 15.55% reduction in the cost of the company between 1.3.2019 and 30.3.2019, planning a more efficient route for the most charged distribution days. Applying the On-Line (On- Darp- NoOpt) algorithm for extraordinary optimization of the distribution system to dynamic delivery requirements.

Finally, we compared the effectiveness of the On Line (On- Darp- NoOpt) Algorithm and the Heuristic Algorithm for Static Needs and concluded that it is much more efficient when we know Staging Positions before and build our network through the Heuristic Algorithm.

## 1. Εισαγωγή

Ο όρος "επιχειρησιακή έρευνα" πηγάζει από την έρευνα για τη βελτιστοποίηση των στρατιωτικών επιχειρήσεων. Η χρησιμοποίηση συναφών μεθόδων επιχειρησιακής έρευνας διευρύνθηκε στο σύνολο των τομέων της ανθρώπινης δραστηριότητας μετά το 1950. Ενδεικτικά αναφέρουμε εφαρμογές στον κλάδο της βιομηχανίας, των τραπεζών, των ασφαλίσεων, της γεωργίας, των μεταφορών, των τηλεπικοινωνιών, της διαχείρισης αποθεμάτων, των επενδύσεων, της οικονομικής διαχείρισης, της εμπορίας, της τεχνικής κατασκευής, της συντήρησης του εξοπλισμού κλπ. της βελτιστοποίησης, της τεχνικής προσομοίωσης, και της στατιστικής.

Η συνδυαστική βελτιστοποίηση είναι ένας κλάδος της Βελτιστοποίησης στα Εφαρμοσμένα Μαθηματικά και την Επιστήμη των Υπολογιστών, ο οποίος συγκεντρώνει πολλούς άλλους τομείς, όπως επιχειρησιακή έρευνα, αλγοριθμική θεωρία, υπολογιστική πολυπλοκότητα και τεχνητή νοημοσύνη. Οι Αλγόριθμοι της Συνδυαστικής Βελτιστοποίησης βοηθάνε στην αντιμετώπιση σύνθετων προβλημάτων που κρίνονται δυσεπίλυτοι ένεκα του πλήθους των λύσεων που εμφανίζονται. Η λύση των προαναφερθέντων προβλημάτων με τέτοιους αλγόριθμους γίνεται κατεβάζοντας τον αριθμό των υπαρκτών λύσεων, όμως με μια πιο αποτελεσματική, ταυτόχρονα, αναζήτηση. Ο επιστημονικός τομέας της Συνδυαστικής Βελτιστοποίησης εμπλέκεται κυρίως στην επίλυση προβλημάτων που διαμορφώνονται με ροές δικτύου. Η θεωρία των ροών στα δίκτυα είναι ένας από τους σημαντικότερους κλάδους των Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Επιχειρησιακών Ερευνών. Στην εποχή μας, υπάρχει ένα ευρύ φάσμα καθημερινών εφαρμογών που σχεδιάστηκαν χρησιμοποιώντας προβλήματα Combinatorial Optimization. Αυτό αποδεικνύει συν τοις άλλοις, τη βαρύτητα του εν λόγω κλάδου. Ακόμα, αξίζει να αναφερθεί πως η Συνδυαστική Βελτιστοποίηση μελετάει ντετερμινιστικά προβλήματα και όχι προβλήματα που αφορούν στοχαστικές διαδικασίες.

Τα δίκτυα και τα γραφήματα έχουν την ικανότητα να μοντελοποιούν διάφορα πραγματικά προβλήματα εκτεταμένης κλίμακας. Υπάρχουν αλγόριθμοι για γραφήματα που χρησιμοποιούν αυτές τις διακριτές δομές δεδομένων, όπως τα δίκτυα. Ως αποτέλεσμα, αυτοί οι αλγόριθμοι έχουν μια πιο αποτελεσματική θεωρητική πολυπλοκότητα και υπολογιστική συμπεριφορά. Πλέον, τα προβλήματα

επιχειρησιακής έρευνας είναι τόσο δύσκολο να λυθούν ώστε να καταστεί απαραίτητο να τα λύσουμε με μαθηματικές συνταγές και σύγχρονα πακέτα λογισμικού ηλεκτρονικών υπολογιστών. Παραδείγματος χάριν, το πρόβλημα της βέλτιστης χωρικής κατανομής παραγόμενων αγαθών από κέντρα παραγωγής σε καταναλωτικά κέντρα - πελάτες (Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων) και ο συνδυασμός προβλημάτων ροής κυκλοφορίας στα δίκτυα. Το VRP συνιστά ένα επισταμένως μελετημένο ζήτημα βελτιστοποίησης που καλείται να βρει ένα βέλτιστο σύνολο διαδρομών που πρέπει να πραγματοποιούνται από ένα πλήθος οχημάτων, ώστε να μπορεί να εξυπηρετεί ένα σύνολο πελατών.

Το σύνολο των μαθηματικών μοντέλων αποτελούνται από κάποιες θεμελιώδεις αρχές. Στις αρχές αυτές περιλαμβάνονται οι μεταβλητές απόφασης, τα κριτήρια απόδοσης, η αντικειμενική λειτουργία, οι παράμετροι, οι περιορισμοί και ο δισταγμός του μοντέλου (εφικτότητα). Είναι σημαντικό για ένα μοντέλο να είναι απλό, πλήρες, διαισθητικό και προσαρμοστικό.

Τα στάδια που ακολούθησαν γενικά στη παρούσα εργασία είναι:

- Βιβλιογραφική έρευνα σχετικά με το θέμα της αλυσίδας εφοδιασμού, το πρόβλημα της δρομολόγησης οχημάτων και τη διαχείριση των αποθεμάτων
- Συλλογή δεδομένων
- Ανάλυση δεδομένων που συλλέχθηκαν
- Βελτίωση της διανομής προϊόντων

Πιο συγκεκριμένα:

Στην Εισαγωγή υπάρχουν κάποιες γενικές πληροφορίες για την Επιχειρησιακή Έρευνα, τη Συνδυαστική Έρευνα και την Εφοδιαστική Αλυσίδα, στο πλαίσιο της ενσωμάτωσης της εργασίας και της αύξησης των γνώσεων και των διαδικασιών αυτών.

## 2. Διαχείριση μεταφορών (logistics management)

### 2.1 Εισαγωγή

Ο όρος logistics είναι μια διαφορούμενη και περίπλοκη ιδέα, η οποία καλύπτει ένα τεράστιο εύρος διαδικασιών σχεδιασμού, υλοποίησης και ελέγχου στον χώρο των επιχειρήσεων. Κύρια στοιχεία που αποτελούν τα logistics είναι η διαχείριση και ο στρατηγικός σχεδιασμός της επιχείρησης, η καλύτερη δυνατή χρήση του ανθρώπινου και υλικού δυναμικού, η παραγωγή, αποθήκευση και διανομή αγαθών, η καλύτερη μετατροπή από πρώτες ύλες στο τελικό προϊόν και από την παραγωγή στους καταναλωτές. Η εφοδιαστική, ουσιαστικά, βοηθάει την αύξηση τους κέρδους στις εταιρείες, παρέχοντας ασταμάτητη παροχή προϊόντων ή υπηρεσιών, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει μια ομαλή ροή για την εκτέλεση των διαδικασιών που αναφέρονται παραπάνω. Επιπλέον, η εφοδιαστική στοχεύει στην δημιουργία προϊόντων με το χαμηλότερο εφικτό κόστος, και ταυτόχρονα στη διατήρησή τους με τον βέλτιστο τρόπο. Επιπλέον, στοχεύει να αξιοποιήσει πλήρως τους υλικούς πόρους της επιχείρησης, να μεταφέρει τα εμπορεύματα με το χαμηλότερο κόστος με την ελάχιστη δυνατή καθυστέρηση και, τέλος, να επιτύχει κερδοφορία στην εταιρεία.

#### 2.1.1 Κύρια χαρακτηριστικά Διαχείρισης Logistics

Τα Logistics είναι ένα πολύπλοκο σύστημα που περιλαμβάνει υπό-διαδικασίες, οι οποίες με τη σειρά τους συνίστανται σε λειτουργίες και δεδομένα.

Η βελτιστοποίηση προϊόντων και υπηρεσιών ποιότητας περιλαμβάνει ποιοτικά δεδομένα. Τα κυριότερα είναι:

- Διαθεσιμότητα: Περιλαμβάνει την κατασκευή των απαραίτητων αποθεμάτων για την εταιρεία, έτσι ώστε να υπάρχει κάθε ώρα το απαραίτητο απόθεμα προϊόντων ή υπηρεσιών

- Ταχύτητα: Αφορά στην ταχύτητα εκτέλεσης εντολών και στην διατήρηση αυτής της επιτυχίας επί καθημερινής βάσεως.
- Συνέπεια: Αφορά την αδιάκοπη παροχή προϊόντων που ζητούνται, σε άριστη κατάσταση και ποιότητα, δίχως λάθη καθώς και με σωστή επισήμανση, προκειμένου ο πελάτης να είναι σε θέση να γνωρίζει πως κατέχει το προϊόν που ζήτησε.

Η μείωση του κόστους στο χαμηλότερο δυνατό σημείο και η ταυτόχρονη παροχή της καλύτερης ποιότητας προϊόντων και υπηρεσιών οδηγούν στην επιτυχία της καλύτερης δυνατής στάθμης εξυπηρέτησης των πελατών. Οι παρακάτω επτά παράγοντες αφορούν σε όλους τους χώρους τους οποίους μια εταιρεία καλείται να βελτιστοποιήσει ώστε να παραδίδει την βέλτιστη υπηρεσία. Συγκεκριμένα, οι 7 αυτοί παράγοντες είναι:

- Το σωστό προϊόν
- Σωστή αποστολή
- Ο σωστός τόπος προορισμού
- Ο σωστός χρόνος
- Το σωστό ποσό
- Η σωστή ποιότητα
- Η σωστή τιμή

### 2.1.2 Αρμοδιότητες διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας

Ένα σύστημα logistics είναι εφικτό να δημιουργηθεί με άλλο τρόπο από κάθε επιχείρηση, σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τη δομή τους. Ωστόσο, οι ανάγκες τις οποίες καλούνται να καλύψουν τα logistics είναι δεδομένες και είναι οι παρακάτω:

- Αγορές - Προμήθειες: Ο όρος "αγορές" αφορούν στην απόκτηση πρώτων υλών οι οποίες είναι σε θέση να ενσωματωθούν στο παραγόμενο προϊόν της εταιρείας και μπορεί να είναι καύσιμα, υλικά συσκευασίας και τα λοιπά.. Οι αγορές καθορίζονται σημαντικά από την εξυπηρέτηση των πελατών που προσδοκά η επιχείρηση. Την ίδια στιγμή, οι τιμές στις μέρες μας δεν ορίζουν

τις αγορές. Αντίθετα, υπάρχει ανάγκη συνεργασίας μεταξύ προμηθευτών, εταιρείας και αγοραστών. Οι προμηθευτές και οι υπηρεσίες του προϊόντος είναι ένα θεμελιώδες θέμα σε κάθε επιχείρηση. Έτσι, εμφανίζεται ανάγκη για κριτήρια συνοχής σχετικά με τη διάρκεια μεταφοράς, την διάρκεια παράδοσης και την ταχύτητα στη οποία ο κάθε προμηθευτής είναι ικανός να προσαρμοστεί ανάλογα με την δυναμική της ζήτησης (εποχιακές και άλλες μεταβολές).

- **Αποθήκευση:** Η αποθήκη αποτελεί σημαντικό μέρος της εφοδιαστικής αλυσίδας, η λειτουργία της οποίας γίνεται με τους πιο σύγχρονους τρόπους. Αναλυτικότερα η λειτουργικότητα του προαναφερθέντος χώρου χρειάζεται μέθοδο και οργάνωση. Αυτό επιτυγχάνεται με την διάθεση των απαραίτητων ραφιών, ειδικών ραμπών, παλετοφόρων και συναφών μέσων για την μεταφορά πρώτων υλών ή προϊόντων, σύγχρονων μεθόδων που βασίζονται στην επιστήμη της πληροφορικής ώστε να γίνεται χρήση του χώρου με τον βέλτιστο τρόπο καθώς και χρήση ρομπότ που λαμβάνουν να φέρουν εις πέρας εργασίες που για τον άνθρωπο είναι ιδιαίτερα χρονοβόρες και δύσκολες, συχνά δε και ανέφικτες. Ο χώρος της αποθήκης αναλαμβάνει την ευθύνη για την επεξεργασία των ακόλουθων πράξεων: παραλαβή των παρεχόμενων αγαθών, τοποθέτηση, αποθήκευση και συντήρηση, ταχεία εύρεση και μετακίνηση, παρακολούθηση ανά κωδικό και προετοιμασία για διανομή.
- **Αποθέματα:** Ο όρος "διαχείριση αποθεμάτων" αφορά στην επαρκή διάθεση των προϊόντων τα οποία οφείλει να παρέχει κάποια εταιρεία ώστε να μπορεί να ανταποκρίνεται στις εκάστοτε εξωτερικές απαιτήσεις από τους πελάτες της. Δύο είναι τα ζητήματα που πρέπει να διευθετηθούν επαρκώς ώστε να διατίθενται τα απαραίτητα αποθέματα: Αρχικά η επιχείρηση οφείλει να γνωρίζει το πλήθος των μονάδων που απαιτούνται από κάθε προϊόν και το πότε είναι ανάγκη να πραγματοποιηθούν οι αντίστοιχες παραγγελίες . Ο σκοπός είναι να υπάρχει το προσδοκώμενο επίπεδο ικανοποίησης από τους πελάτες με τα μικρότερα δυνατά αποθέματα προκειμένου να μειωθεί το άμεσο και έμμεσο κόστος.

- **Μεταφορές:** Οι μεταφορές αφορούν την εύρεση του πιο αποτελεσματικού τρόπου μεταφοράς προϊόντων από και προς την εταιρεία. Το καλύτερο δυνατό **μοντέλο** μεταφοράς αφορά στην επιλογή του πλέον κατάλληλου μέσου μεταφοράς. Στην περίπτωση που τα μεταφορικά μέσα δεν είναι ιδιοκτησιακά, τότε περιλαμβάνει την επιλογή του ποιος είναι ο πλέον αποτελεσματικός μεταφορέας. Επίσης, κομβικός παράγοντας για την βέλτιστη επιλογή μοντέλου μεταφοράς κρίνεται η διάρκεια που θα κάνει το προϊόν να φτάσει στον πελάτη σε σύγκριση με την διάρκεια την οποία προσδοκά αυτός να το έχει. Ο στόχος είναι να παραδοθεί χωρίς καθυστερήσεις.
- **Διανομές:** Οι διανομές αφορούν την μεταβίβαση προϊόντων από τον χώρο της αποθήκης ή της εταιρείας προς τους πελάτες. Η κύρια διαφορά είναι πως οι μεταβιβάσεις αυτές έχουν να κάνουν με την μεταφορά διαφόρων προϊόντων μεγάλων ποσοτήτων σε λίγους πελάτες. Από την άλλη πλευρά, οι διανομές έχουν να κάνουν και με την μεταβίβαση διαφόρων προϊόντων σε μικροποσότητες και πλήθος από πελάτες.

Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι ένα ουσιαστικό μέρος του συστήματος εφοδιαστικής αλυσίδας είναι επίσης η πληροφόρηση και η γνώση. Σήμερα, οι τεχνολογικές εξελίξεις που έχουν επιτευχθεί έχουν κάνει την επικοινωνία μεταξύ των απομακρυσμένων γραφείων εύκολη και έχουν δημιουργήσει βάσεις δεδομένων οι οποίες καθιστούν εφικτή την καταγραφή των διαθέσιμων αποθεμάτων συγκριτικά με την απαιτούμενη διανομή.

### 2.1.3 Σύγχρονες τεχνολογίες στα logistics

- Αποτελεσματικότερη χρήση των διαθέσιμων μέσων της εταιρείας. Πιο συγκεκριμένα τα μέσα αυτά μπορεί να είναι τα διάφορα οχήματα, οι σύγχρονες αποθήκες που είναι τεχνολογικά ενημερωμένες και άλλα. Παραδείγματος χάριν, η εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογικών-ηλεκτρονικών συστημάτων στα οχήματα της εταιρείας οδήγησε σε πιο οργανωμένες κινήσεις και λιγότερες διαδρομές. Στον χώρο αποθήκευσης που χρησιμοποιεί



ένα σύστημα WMS και ένα ασύρματο LAN, οδηγεί τόσο στην εκμετάλλευση κάθε χώρου της αποθήκης όσο και στην ταχύτερη εκτέλεση των διαδικασιών σε αυτήν. Για παράδειγμα, ο σαρωτής διαβάζει τον γραμμωτό κώδικα ενός κουτιού και αποστέλλει αυτόματα τις πληροφορίες στον κεντρικό υπολογιστή που είναι εξοπλισμένος με σύστημα WMS μέσω ασύρματου LAN.

- Καλύτερη αξιοποίηση των έμβιων πόρων της επιχείρησης. Πιο συγκεκριμένα, συμπεριλαμβάνονται οι υπάλληλοι και οι πελάτες, οι προμηθευτές και άλλοι. Τα Συστήματα ERP ή WMS δείχνουν ποιοι είναι οι πελάτες από τους οποίους εξασφαλίζεται κέρδος, γλιτώνει πλήθος εργατοώρες από τους εργαζομένους και βοηθά στην αποτελεσματικότερη οργάνωση των παραλαβών από τους προμηθευτές. Κάποιος ο οποίος επιθυμεί να έχει γνώση για τα αποθέματα του προϊόντος δεν χρειάζεται να καταβάλει κόπο εφόσον τα αποθέματα παρέχονται μέσω συστήματος. Με την χρήση της τεχνολογίας το απόθεμα γίνεται άμεσα διαθέσιμο σε όποιον επιθυμεί να το μάθει. Αντίστοιχα συμβαίνει και με τα κέρδη τα έξοδα και τα εισοδήματα που μπορεί να αφορούν ένα τρίμηνο ή ένα εξάμηνο κλπ. Ταυτόχρονα, ένα άτομο που ενδιαφέρεται για ένα προϊόν, γνωρίζει ποια είδη προϊόντων είναι επιθυμητά και αγοράζει περισσότερα και κατόπιν ρυθμίζει τις παραγγελίες του. Στο χώρο της επιχείρησης, πλέον, ο σκοπός της διοίκησης δεν είναι ο λεπτομερής έλεγχος κάθε τμήματος της εταιρείας αλλά είναι η συστηματοποιημένη διεκπεραίωση των όσων γίνονται μέσω της τεχνολογίας. Αυτό συμβαίνει επειδή αυτές οι τεχνολογίες παρέχουν σημαντικές πληροφορίες στη διοίκηση και στα στελέχη της εταιρείας.

#### **2.1.4 Εφαρμογή της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσα στην επιχείρηση**

Το τμήμα της εφοδιαστικής αλυσίδας εμφανίζεται, πλέον, να κατέχει σπουδαίο ρόλο στην οργανωτική δομή της κάθε εταιρείας. Η παρουσία κάποιας εταιρείας είναι αδύνατη χωρίς να έχει ακόμη και μια στοιχειώδη οργάνωση εφοδιαστικής αλυσίδας. Όλες οι εταιρείες και οι οργανώσεις έχουν επίσης αποθήκες στις οποίες κρατάνε τα διάφορα αποθέματα και τα διάφορα προϊόντα.

Ο σκοπός των εταιρειών πλέον είναι αφενός να είναι σε θέση να μεγαλώνουν τα κέρδη και αφετέρου να μπορούν να εκσυγχρονίζουν τα logistics τους. Ως εκ τούτου, η προσαρμογή της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας μιας επιχείρησης από τους ανταγωνιστές της, οι οποίοι δεν έχουν καμία γνώση και κατά συνέπεια χρησιμοποιούν την εφοδιαστική λανθασμένα, έχει γίνει πραγματικότητα.

Το σίγουρο είναι πως υπάρχει ανάγκη για επένδυση σε εκσυγχρονισμένες μεθόδους logistics, οι οποίες ενδέχεται να συνεπάγονται την κατασκευή νέων προηγμένων κέντρων αποθήκευσης.

## 2.1.5 Η Εφοδιαστική αλυσίδα και οργάνωση της εταιρείας

Τα Logistics κάνουν έντονη την εμφάνιση τους και έχουν διεπαφές στο σύνολο της κάθε εταιρείας. Πολλοί είναι αυτοί οι οποίοι συσχετίζουν τα logistics με το marketing της επιχείρησης. Αυτό υποδηλώνει την άμεση σχέση που έχουν τα δύο τμήματα. Ωστόσο διεπαφές εμφανίζονται και με πλήθος άλλα τμήματα.

Στην πραγματικότητα, η εφοδιαστική έχει έναν πολυδιάστατο ρόλο και αναπτύσσει διεπαφές με πλήθος τμημάτων της εταιρείας. Για παράδειγμα εμφανίζεται συνεργασία μεταξύ των logistics και του προγραμματισμού της παραγωγής. Ακόμα, συνεργασία αναπτύσσεται ανάμεσα σε logistics και επεξεργασία παραγγελιών, συσκευασίας και λοιπά. Καθίσταται πρόδηλο πως ο σκοπός της κάθε επιχείρησης και το κεντρικό σημείο γύρω από το οποίο διαδραματίζονται τα πάντα είναι η ευχαρίστηση των πελατών. Αυτό θα οδηγήσει στη δημιουργία και επέκταση της πελατειακής βάσης και έτσι θα αυξήσει την κερδοφορία της επιχείρησης. Προκειμένου να καταφέρουν αυτό το σκοπό, είναι βασικό να επιτυγχάνεται αποτελεσματική διεπαφή ανάμεσα στο σύνολο των τομέων που απαρτίζουν την επιχείρηση.

Εξαιτίας των παραπάνω καθίσταται αντιληπτό ότι είναι βασικό να υπάρχει αρμονική συνεργασία ειδικά σε ζητήματα στα οποία εμπλέκονται τα logistics. Φυσικά αυτό δεν σημαίνει, με κανέναν τρόπο, πως το σύνολο των εργαζομένων πρέπει να απαρτίζεται από άτομα εφοδιαστικής αλυσίδας. Κάτι τέτοιο θα ήταν ατελέσφορο όπως είναι λογικό. Ακόμα, πρέπει να τονιστεί ότι δημιουργούνται διεπαφές ανάμεσα στην επιχείρηση και τους πελάτες. Από αυτά προέρχονται πολλές δραστηριότητες στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Πρακτικά είναι ένα αξιοσημείωτο κομμάτι των logistics που γίνονται έξω από την εταιρεία, που εξαρτώνται άμεσα από την ύπαρξη και διατήρηση καλών σχέσεων μεταξύ των πελατών και της εταιρείας. Η εταιρεία είναι ακόμα εκείνη που θα εκλέξει τους πελάτες που θα επωμιστούν αυτή την καίρια δραστηριότητα για την αύξηση του κέρδους και θα φτιάξουν διεπαφές με αυτούς συν τω χρόνω.

Είναι επομένως προφανές ότι τα πάντα που σχετίζονται με την οργάνωση μιας εταιρείας, μπορούν να καθοριστούν από την εφοδιαστική. Επομένως, τα ζητήματα που σχετίζονται με τη λειτουργία των logistics σε μια εταιρεία, αφορούν διάφορους

τομείς της οργανωτικής δομή μίας εταιρείας. Την ίδια στιγμή, σχεδιάζουν την διαδοχή των φάσεων από την παραγωγή ενός προϊόντος μέχρι την διάθεσή του στους πελάτες και τους καταναλωτές.

## 2.2 Εφοδιαστική τρίτου μέρους (3PL logistics: Third Party logistics)

Τα Logistics τρίτου μέρους (συντομογραφία 3PL , ή μερικές φορές TPL ) και τα logistic management είναι η χρήση της εταιρείας τρίτου μέρους για ανάθεση αποθήκευσης και εκπλήρωσης υπηρεσιών.

Οι πάροχοι της εφοδιαστικής αλυσίδας τρίτων μερών συνήθως ειδικεύονται σε υπηρεσίες ολοκληρωμένης λειτουργίας, αποθήκευσης και μεταφοράς , οι οποίες μπορούν να κλιμακωθούν και να προσαρμοστούν στις ανάγκες των πελατών βάσει των συνθηκών της αγοράς, όπως οι απαιτήσεις των υπηρεσιών και των υπηρεσιών παράδοσης για τα προϊόντα και τα υλικά τους. Συχνά, οι υπηρεσίες αυτές υπερβαίνουν την εφοδιαστική και περιλαμβάνουν υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας που σχετίζονται με την παραγωγή ή την προμήθεια αγαθών, δηλαδή υπηρεσίες που ενσωματώνουν τμήματα της αλυσίδας εφοδιασμού. Όταν ολοκληρωθεί αυτό, ο πάροχος καλείται στη συνέχεια πάροχος υπηρεσιών διαχείρισης αλυσίδας εφοδιασμού τρίτου μέρους (3PSCM: third-party supply chain management provider) ή προμηθευτής υπηρεσιών διαχείρισης αλυσίδας εφοδιασμού (SCMSP: supply chain management service provider). Το 3PL στοχεύει σε συγκεκριμένες λειτουργίες διαχείρισης των προμηθειών, όπως αποθήκευση, μεταφορά ή παροχή πρώτων υλών.

Η παγκόσμια αγορά 3PL έφθασε τα 75 δισεκατομμύρια δολάρια το 2014 και αυξήθηκε στα 157 δισεκατομμύρια δολάρια στις ΗΠΑ, η αύξηση της ζήτησης για υπηρεσίες 3PL στις ΗΠΑ (7.4% σε ετήσια βάση) ξεπέρασε την ανάπτυξη της οικονομίας των ΗΠΑ το 2014. Από το 2014, το 80% όλων των εταιρειών Fortune 500 και 96 της Fortune 100 χρησιμοποίησαν κάποια μορφή υπηρεσιών 3PL.

Η παγκόσμια αγορά εφοδιαστικής αλυσίδας τρίτων μερών προβλέπεται να αυξηθεί σε περίπου 5% CAGR κατά τη διάρκεια του 2016 έως 2024 (περίοδος πρόβλεψης). Οι εταιρείες της δραστηριοποιούνται στον ναυτιλιακό κλάδο για την εποπτεία των

υλικοτεχνικών αναγκών (λογισμικό πρόγνωσης, αποθήκευσης και διαχείρισης μεταφορικών μέσων). Η αγορά θα φθάσει το ποσό των περίπου 1,05 δισεκατομμυρίων δολαρίων μέχρι το 2024.

### 2.2.1 Τύποι εφοδιαστικής αλυσίδας τρίτου μέρους

Οι πάροχοι εφοδιαστικής τρίτων μερών περιλαμβάνουν ναυλωτές , εταιρείες ταχυμεταφορών , καθώς και άλλες εταιρείες που ενσωματώνουν και προσφέρουν υπεργολαβικές υπηρεσίες εφοδιαστικής αλυσίδας και μεταφοράς. Οι Hertz και Alfredsson (2003) περιγράφουν τέσσερις κατηγορίες προμηθευτών 3PL:

- **Πρότυπη υπηρεσία παροχής 3PL:** αυτή είναι η πιο βασική μορφή ενός παρόχου 3PL. Εκτελούν δραστηριότητες όπως η επιλογή και η συσκευασία , η αποθήκευση και η διανομή (επιχειρήσεις) - οι βασικότερες λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας. Για την πλειονότητα αυτών των επιχειρήσεων, η λειτουργία 3PL δεν είναι η κύρια δραστηριότητά τους.
- **Προγραμματιστής υπηρεσιών:** αυτός ο τύπος παρόχου 3PL θα προσφέρει στους πελάτες του προηγμένες υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας όπως: παρακολούθηση και εντοπισμό , cross-docking , ειδική συσκευασία ή παροχή μοναδικού συστήματος ασφαλείας. Ένα ισχυρό ίδρυμα πληροφορικής και μια εστίαση στις οικονομίες κλίμακας και πεδίου εφαρμογής θα επιτρέψει σε αυτόν τον τύπο παρόχου 3PL να εκτελέσει αυτούς τους τύπους εργασιών.
- **Ο προσαρμογέας πελάτη:** αυτός ο τύπος προμηθευτή 3PL έρχεται κατόπιν αιτήματος του πελάτη και ουσιαστικά αναλαμβάνει τον πλήρη έλεγχο των δραστηριοτήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας της εταιρείας. Ο πάροχος 3PL βελτιώνει δραματικά την εφοδιαστική, αλλά δεν αναπτύσσει νέα υπηρεσία. Η βάση πελατών για αυτόν τον τύπο προμηθευτή 3PL είναι συνήθως πολύ μικρή.
- **Ο Πελάτης Προγραμματιστής:** αυτό είναι το υψηλότερο επίπεδο που ένας πάροχος 3PL μπορεί να επιτύχει σε σχέση με τις διαδικασίες και τις δραστηριότητές του. Αυτό συμβαίνει όταν ο πάροχος 3PL ενσωματώνεται στον πελάτη και αναλαμβάνει ολόκληρη τη λειτουργία εφοδιαστικής

αλυσίδας. Αυτοί οι πάροχοι θα έχουν λίγους πελάτες, αλλά θα εκτελέσουν εκτεταμένα και λεπτομερή καθήκοντα γι' αυτούς.

Η εξωτερική ανάθεση μπορεί να περιλαμβάνει ένα υποσύνολο της εφοδιαστικής αλυσίδας μιας επιχείρησης, αφήνοντας ανέπαφα ορισμένα προϊόντα ή λειτουργικά βήματα, επειδή η εσωτερική εφοδιαστική είναι σε θέση να κάνει την εργασία καλύτερα ή φθηνότερα από έναν εξωτερικό πάροχο. Ένα άλλο σημαντικό σημείο είναι ο προσανατολισμός του πελάτη 3PL στον πελάτη. Ο πάροχος πρέπει να ταιριάζει στις δομές και τις απαιτήσεις της εταιρείας. Αυτή η προσαρμογή είναι πιο σημαντική από την καθαρή εξοικονόμηση κόστους, όπως μια έρευνα των προμηθευτών 3PL δείχνει καθαρά: Ο προσανατολισμός του πελάτη με τη μορφή της προσαρμοστικότητας στις μεταβαλλόμενες ανάγκες των πελατών, την αξιοπιστία και την ευελιξία του προμηθευτή της εφοδιαστικής αλυσίδας με τρίτους αναφέρθηκε πολύ πιο σημαντική από την καθαρή εξοικονόμηση κόστους.

## 2.3 Επίπεδα

Οι πρώτοι προμηθευτές της εφοδιαστικής αλυσίδας (1PL) είναι πάροχοι ενιαίας υπηρεσίας σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή που ειδικεύονται σε συγκεκριμένα προϊόντα ή μεθόδους αποστολής. Παραδείγματα είναι: εταιρείες μεταφορών, λιμενικές επιχειρήσεις, εταιρείες αποθηκών. Το τμήμα υλικοτεχνικής υποστήριξης μιας επιχείρησης παραγωγής μπορεί επίσης να είναι πρώτος προμηθευτής εφοδιαστικής αλυσίδας, αν διαθέτει μεταφορικά μέσα και αποθήκες. [10]

Οι δευτερεύοντες πάροχοι υπηρεσιών εφοδιαστικής αλυσίδας (2PL) είναι πάροχοι υπηρεσιών οι οποίοι παρέχουν τις εξειδικευμένες υπηρεσίες εφοδιαστικής αλυσίδας σε μια μεγαλύτερη (εθνική) γεωγραφική περιοχή από ό, τι η 1PL. Συχνά υπάρχουν συμβάσεις πλαισίων μεταξύ του 2PL και του πελάτη, οι οποίες ρυθμίζουν τους όρους για τις μεταφορικές υποχρεώσεις που τοποθετούνται κυρίως βραχυπρόθεσμα. Τα 2PL παρέχουν εσωτερικούς και εξωτερικούς πόρους υλικοτεχνικής υποστήριξης, όπως φορτηγά, περνοφόρα οχήματα, αποθήκες κλπ. για μεταφορές, διαχείριση φορτίων ή δραστηριότητες διαχείρισης αποθήκης. [10] Η δευτερογενής εφοδιαστική

αλυσίδα προέκυψε κατά τη διάρκεια της παγκοσμιοποίησης και της εξέγερσης της τάσης της άψογης διαχείρισης, όταν οι εταιρείες άρχισαν να αναθέτουν τις δραστηριότητές τους στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας, για να επικεντρωθούν στις δικές τους βασικές εταιρείες. Παραδείγματα είναι: υπηρεσίες ταχυμεταφορών, ταχυμεταφορών και δεμάτων, θαλάσσιων μεταφορέων, μεταφορέων και παρόχων μεταφόρτωσης.

Η σημαντικότερη διαφορά μεταξύ ενός παρόχου εφοδιαστικής αλυσίδας και ενός παρόχου εφοδιαστικής αλυσίδας τρίτου μέρους είναι το γεγονός ότι ένας πάροχος 3PL είναι πάντα ενσωματωμένος στο σύστημα του πελάτη. Ο 2PL δεν είναι ενσωματωμένος, σε αντίθεση με το 3PL και είναι μόνο ένας εξωτερικός προμηθευτής logistics χωρίς ολοκλήρωση του συστήματος. Το 2PL λειτουργεί συχνά κατόπιν κλήσης (π.χ. υπηρεσίες express parcel), ενώ το 3PL ενημερώνεται σχεδόν πάντα για το φόρτο εργασίας στο εγγύς μέλλον. Ένα άλλο σημείο που διαφέρει μεταξύ 2 και 3PL είναι η προδιαγραφή και η προσαρμογή των υπηρεσιών. Το 2PL κανονικά παρέχει μόνο τυποποιημένες υπηρεσίες, ενώ οι 3PL συχνά παρέχουν υπηρεσίες προσαρμοσμένες και εξειδικευμένες στις ανάγκες του πελάτη τους. Αυτό είναι δυνατό λόγω των μακροπρόθεσμων συμβάσεων που είναι συνηθισμένες στην αγορά εφοδιαστικής αλυσίδας τρίτων μερών. Η αποδοτικότητα του κόστους ενός παρόχου εφοδιαστικής αλυσίδας με τρίτους παρέχεται μόνο για μεγάλα χρονικά διαστήματα με σταθερή σύμβαση και κέρδη. Σε αντίθεση με εκείνες τις υπηρεσίες δεύτερης πλευράς οι υπηρεσίες logistics δεν μπορούν να προσαρμοστούν, όσον αφορά την κυμαινόμενη αγορά με σκληρό ανταγωνισμό και μάχη τιμών σε χαμηλό επίπεδο. Και εκεί έχουμε ένα άλλο διακριτικό σημείο μεταξύ 2PL και 3PL: Ανθεκτικότητα των συμβάσεων. Οι συμβάσεις 3PL είναι μακροπρόθεσμες συμβάσεις, ενώ οι συμβάσεις 2PL είναι χαμηλής αντοχής, έτσι ώστε ο πελάτης να είναι ευέλικτος όταν ανταποκρίνεται στις αλλαγές της αγοράς και των τιμών. Οι συμβάσεις 3PL είναι μακροπρόθεσμες συμβάσεις, ενώ οι συμβάσεις 2PL είναι χαμηλής αντοχής, έτσι ώστε ο πελάτης να είναι ευέλικτος όταν ανταποκρίνεται στις αλλαγές της αγοράς και των τιμών.

Με τις εταιρείες που λειτουργούν σε παγκόσμιο επίπεδο, η ανάγκη να αυξηθεί η προβολή της αλυσίδας εφοδιασμού και να μειωθεί ο κίνδυνος, να αυξηθεί η ταχύτητα και να ελαττωθεί το κόστος - όλα αυτά ταυτόχρονα - απαιτεί μια κοινή

τεχνολογική λύση. [11] Οι πάροχοι που δεν βασίζονται σε στοιχεία ενεργητικού εκτελούν λειτουργίες όπως διαβουλεύσεις σχετικά με τη συσκευασία και τη μεταφορά, την προσφορά εμπορευμάτων, τον οικονομικό διακανονισμό, τον έλεγχο, την παρακολούθηση, την εξυπηρέτηση των πελατών και την επίλυση των ζητημάτων. [12] Ωστόσο, δεν απασχολούν οδηγούς φορτηγών ή προσωπικό αποθήκης και δεν διαθέτουν δικά τους φυσικά μέσα διανομής φορτίου - ούτε φορτηγά, ούτε ρυμουλκούμενα αποθήκευσης, ούτε παλέτες και αποθήκες. Ένας πάροχος που δεν βασίζεται σε στοιχεία ενεργητικού αποτελείται από μια ομάδα εμπειρογνομόνων με συσσωρευμένη τεχνογνωσία στον κλάδο των εμπορευματικών μεταφορών. Αυτοί οι πάροχοι είναι υπηρεσίες 4PL και 5PL.



## 2.4 Διαχείριση του ανθρώπινου δυναμικού σε μία επιχείρηση

Το HRM ή HR (στα ελληνικά διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού) είναι η στρατηγική προσέγγιση για την αποτελεσματική διαχείριση των ατόμων σε έναν οργανισμό, έτσι ώστε να βοηθήσουν την επιχείρηση να αποκτήσει ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Κοινώς γνωστό ως τμήμα HR, έχει δημιουργηθεί ώστε να αυξήσει την αποδοτικότητα των ατόμων που εργάζονται στην επιχείρηση. [1] Ο YE έχει ως κύρια αρμοδιότητά του τη διαχείριση των εργαζομένων μέσα στην εταιρεία. [2] Τα τμήματα HR έχουν ως καθήκον τον έλεγχο των παροχών για τα άτομα που δουλεύουν, την πρόσληψη εργαζομένων, την εξειδίκευσή τους, την αξιολόγηση των ικανοτήτων τους και της προόδου τους και την ανταμοιβή (π.χ. διαχείριση συστημάτων αμοιβών και παροχών). [3] Ο YE σαν άλλη δραστηριότητά του έχει ακόμα την ρύθμιση της οργάνωσης και την ενασχόληση με ζητήματα εργασιακών σχέσεων. Πιο συγκεκριμένα τη ρύθμιση πρακτικών οργάνωσης όπως αυτές υπαγορεύονται από τους εκάστοτε νόμους της κυβέρνησης ή από συλλογικές διαπραγματεύσεις. [4]

Ο γενικός στόχος του ανθρώπινου δυναμικού είναι να εξασφαλίσει ότι ο οργανισμός είναι σε θέση να επιτύχει μέσω των ανθρώπων. [5] Οι εργαζόμενοι στο HR κάνουν χρήση και ρυθμίζουν τον ανθρώπινο παράγοντα μία εταιρείας και στοχεύουν στο να εφαρμόζονται οι πολιτικές διαδικασίες. Υπάρχει η δυνατότητα να εξειδικεύονται στην πρόσληψη κορυφαίων ταλέντων, στην κατάρτιση, στις σχέσεις των εργαζομένων και ούτω καθεξής.

Η διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού προέρχεται από το κίνημα των διαπροσωπικών σχέσεων στη δεκαετία του 1920, περίοδος στην οποία άρχισαν να γίνονται μελέτες αναφορικά με την δημιουργία επιχειρηματικής αξίας διαμέσου της βέλτιστης διαχείρισης των εργαζομένων. Τα πρώτα χρόνια ασχολείται κυρίως με θέματα όπως συναλλαγή εργασίας, μισθοδοσία και λοιπά. Ωστόσο με το πέρασμα των χρόνων, με την έκρηξη της τεχνολογίας και τον ραγδαίο ρυθμό της παγκοσμιοποίησης έχει αρχίσει να δίνει προσοχή σε δραστηριότητες που αφορούν σχεδιασμούς διαδοχής, εξαγορές, συγχωνεύσεις, και άλλες πρωτοβουλίες. Πλέον, παγκοσμίως, οι διάφορες επιχειρήσεις στοχεύουν στην ελαχιστοποίηση των κύκλων εργασιών του εργατικού δυναμικού της εταιρείας και στην καλύτερη δυνατή κατάρτιση του εργατικού

δυναμικού. Το HR επιχειρεί να παρέχει συνθήκες που θα αρέσουν στο εργατικό δυναμικό προκειμένου να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή ικανοποίησή τους η οποία θα οδηγεί μοιραία στην καλή απόδοσή τους κατά την εργασία και κατ' επέκταση στην εύρυθμη λειτουργία του εργοστασίου ή της εταιρείας.

## 2.5 Επιχειρησιακή λειτουργία

Ο Dravle Ulricc ορίζει τα καθήκοντα της διαχείρισης ανθρώπινου δυναμικού με τον παρακάτω τρόπο: ευθυγράμμιση της στρατηγικής ανθρώπινου δυναμικού και της επιχειρηματικής στρατηγικής, επανασχεδιασμός των διαδικασιών οργάνωσης, ακρόαση και ανταπόκριση στους υπαλλήλους και διαχείριση μετασχηματισμού και αλλαγής. [20]

Σε μακροοικονομικό επίπεδο, ο ΥΕ είναι υπεύθυνος για την επίβλεψη της ηγετικής οργάνωσης και του πολιτισμού. Ο ΥΕ διασφαλίζει επίσης τη συμμόρφωση με τους νόμους για την απασχόληση και την εργασία, οι οποίοι διαφέρουν γεωγραφικά και συχνά αφορούν την υγεία, και την ασφάλεια. Ανάλογα τη γεωγραφική θέση, υπάρχουν διάφορες νομοθεσίες. Υπάρχουν αρκετοί ομοσπονδιακοί νόμοι που είναι κρίσιμοι για την εξοικείωση του διευθυντή ανθρώπινου δυναμικού, προκειμένου να προστατευθεί όχι μόνο η εταιρεία αλλά και οι εργαζόμενοι. Οι σημαντικοί ομοσπονδιακοί νόμοι και κανονισμοί που πρέπει να γνωρίζουν οι ΥΕ είναι ότι ο νόμος περί δίκαιων εργασιακών προτύπων περιλαμβάνει τον καθορισμό κατώτατου μισθού και την προστασία του δικαιώματος ορισμένων εργαζομένων να κερδίζουν υπερωρίες. Ο ομοσπονδιακός νόμος περί αστικών δικαιωμάτων προστατεύει από τις διακρίσεις και η λήψη οποιασδήποτε απόφασης μίσθωσης ή εκτόξευσης με βάση τη φυλή, την ηλικία, το φύλο, το φύλο κλπ. Ο Νόμος περί οικογενειακής και ιατρικής άδειας παρέχει στους επιλέξιμους υπαλλήλους μέχρι δώδεκα εβδομάδες μη αμειβόμενης άδειας για οικογενειακούς και ιατρικούς λόγους. Ως Διευθυντής Ανθρώπινων Πόρων, η διασφάλιση ότι η εταιρεία συμμορφώνεται με όλους τους νόμους και τους κανονισμούς αποτελεί σημαντικό μέρος του πεδίου και θα προστατεύσει την εταιρεία από κάθε είδους «νομική ευθύνη». [21]

Το HR έχει 4 κύριες αρμοδιότητες : στελέχωση, εκπαίδευση και ανάπτυξη, κίνητρα και συντήρηση. Η στελέχωση αφορά στη πρόσληψη και επιλογή μελλοντικών υπαλλήλων, που πραγματοποιείται με τη βοήθεια συνεντεύξεων ή άλλων μέσων που έχει δώσει πλέον η τεχνολογία (εφαρμογές, δικτύωση, κλπ.) Υπάρχουν δύο βασικοί παράγοντες για τη στελέχωση που προσελκύουν ταλαντούχους προσλήψεις και την πρόσληψη πόρων. Οι Διευθυντές Ανθρώπινου Δυναμικού πρέπει να δημιουργήσουν λεπτομερείς στρατηγικές πρόσληψης και να έχουν ένα σχέδιο δράσης για να προωθήσουν την αναζήτηση προσλήψεων. Στη συνέχεια, η τοποθέτηση των στρατηγικών σε θέση είναι η πρόσληψη πόρων , που μπορεί να γίνει με την επέκταση να βρει τις καλύτερες δυνατές προσλήψεις για την ομάδα. Η πρόσληψη είναι πολύ ανταγωνιστική, αφού όλες οι εταιρείες δεν θέλουν τίποτα άλλο παρά τους καλύτερους υποψηφίους, [22] αλλά χρησιμοποιώντας τακτικές όπως τα μέσα μαζικής ενημέρωσης μπορεί να τραβήξει την προσοχή τους. [22] Η εξειδίκευση και η κατάρτιση είναι το επόμενο βήμα σε μια συνεχή διαδικασία κατάρτισης και ανάπτυξης ικανών και προσαρμοσμένων υπαλλήλων. Εν προκειμένω το κίνητρο θεωρείται ως το κοινό μυστικό για τη διατήρηση της παραγωγικότητας των εργαζομένων. Αυτή η λειτουργία μπορεί να περιλαμβάνει τα οφέλη των εργαζομένων, τις εκτιμήσεις απόδοσης και τις ανταμοιβές. Τα οφέλη, οι εκτιμήσεις και τα οφέλη των εργαζομένων είναι όλα ενθαρρυντικά για την προώθηση των καλύτερων εργαζομένων. Η τελευταία λειτουργία της συντήρησης περιλαμβάνει τη διατήρηση της αφοσίωσης και της αφοσίωσης των εργαζομένων από τον οργανισμό. Μερικές επιχειρήσεις παγκοσμιοποιούνται για να σχηματίσουν πιο διαφορετικές ομάδες. Τα τμήματα ανθρωπίνων πόρων έχουν το ρόλο να διασφαλίσουν ότι αυτές οι ομάδες μπορούν να λειτουργήσουν και ότι οι άνθρωποι μπορούν να επικοινωνούν σε διαφορετικούς πολιτισμούς και διασυννοριακά. Η πειθαρχία μπορεί επίσης να ασχοληθεί με τη διαχείριση της κινητικότητας, ειδικά για τους ομογενείς . και συχνά εμπλέκεται στη διαδικασία συγχώνευσης και εξαγοράς . Το HR θεωρείται γενικά ως λειτουργία υποστήριξης της επιχείρησης, συμβάλλοντας στην ελαχιστοποίηση του κόστους και τη μείωση του κινδύνου. [23]

Στις επιχειρήσεις εκκίνησης , εκπαιδευμένοι επαγγελματίες μπορούν να εκτελούν καθήκοντα ανθρώπινου δυναμικού. Σε μεγαλύτερες επιχειρήσεις, μια ολόκληρη λειτουργική ομάδα είναι συνήθως αφιερωμένη στην πειθαρχία, με προσωπικό που ειδικεύεται σε διάφορα καθήκοντα ανθρώπινου δυναμικού και λειτουργική ηγεσία

που συμμετέχει στη στρατηγική λήψη αποφάσεων σε όλη την επιχείρηση . Για να εκπαιδεύσουν τους επαγγελματίες του επαγγέλματος , τα ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, οι επαγγελματικοί σύλλογοι και οι εταιρείες έχουν καθιερώσει προγράμματα σπουδών ειδικά αφιερωμένα στα καθήκοντα της λειτουργίας. Οι ακαδημαϊκές και επαγγελματικές οργανώσεις μπορούν να εκδίδουν δημοσιεύσεις ειδικά για το συγκεκριμένο τομέα. Το HR είναι επίσης ένα πεδίο έρευνας που είναι δημοφιλές στους τομείς της διαχείρισης και της βιομηχανικής / οργανωτικής ψυχολογίας, με ερευνητικά άρθρα που εμφανίζονται σε πολλά ακαδημαϊκά περιοδικά, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που αναφέρονται αργότερα σε αυτό το άρθρο.

Μία από τις συχνές προκλήσεις της διαχείρισης των ανθρωπίνων πόρων αφορά την έννοια του μοναρχικού χαρακτήρα (βλέποντας μια εταιρεία σαν ένα συνεκτικό σύνολο στο οποίο οι εργοδότες και οι εργαζόμενοι θα πρέπει να συνεργαστούν για ένα κοινό αγαθό) και της εξασφάλισης μιας μακροχρόνιας εταιρικής σχέσης εργαζομένων και εργοδοτών με κοινές προσδοκίες. [24]

## 2.6 Κέρδη της εφοδιαστικής αλυσίδας και μελλοντικές προκλήσεις

Εκτός από τα οφέλη που εμφανίζονται από τα logistics στον χώρο της οικονομίας ενός κράτους, η άρτια λειτουργία τους έχει θετικό αντίκτυπο, όπως είναι φυσιολογικό, και στην επιχείρηση. Το γεγονός ότι η υλικοτεχνική υποστήριξη είναι ουσιαστικά ένα πάγιο στοιχείο δυσχεραίνει την αντιγραφή από άλλες ανταγωνιστικές εταιρείες. Εάν η διαχείριση των logistics είναι σωστή τότε είναι επίσης δυνατό να μειωθεί το κόστος στις απαιτήσεις ή να μειωθεί η ανάγκη σε αποθέματα.

Πάνω απ' όλα, η εφοδιαστική μπορεί να αποτελέσει αιτία ενός ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος καθώς μια εταιρεία μπορεί να έχει μια καλή τιμολόγηση, μια καλή προώθηση και ένα καλό προϊόν. Όντως, εμφανίζεται το πλεονέκτημα ότι η επιχείρηση είναι σε θέση να φτιάξει δίκτυο διανομής κατασκευασμένο έτσι που να είναι αδύνατο να κλαπεί από άλλες εταιρείες, κάτι που βοηθά στη προσέλκυση πολλών πελατών για την επιχείρηση. Επιπλέον, σήμερα, η καλή διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας συνιστά κομβική παράμετρο αναφορικά με το κατά πόσο θα είναι ανταγωνιστική, αλλά για να γίνει το «όπλο» του επιθετικού μάρκετινγκ, το τμήμα logistics πρέπει να αντιμετωπιστεί ως ένα κρίσιμο αναπόσπαστο μέρος της στρατηγικής της εταιρείας. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι ο βαθμός στον οποίο η υλικοτεχνική υποστήριξη αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της διαδικασίας στρατηγικού σχεδιασμού της εταιρείας μπορεί να καθορίσει τη μελλοντική επιτυχία της εταιρείας.

### 3. Το πρόβλημα δρομολόγησης οχήματος (Vehicle Routing Problem) και οι επεκτάσεις του

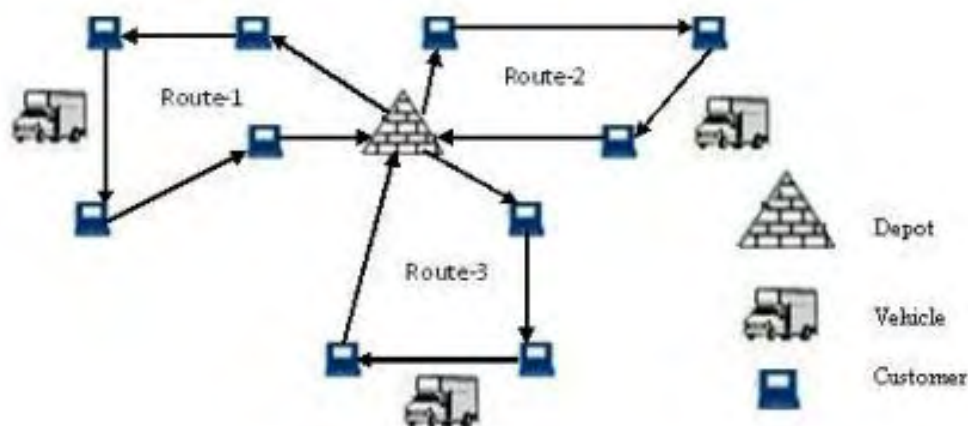
#### 3.1 Εισαγωγή στο πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή

Το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχήματος (VRP) είναι ένα γενικό όνομα που δίνεται σε ένα σύνολο προβλημάτων στα οποία θα διαμορφωθεί σύνολο διαδρομών για ένα στόλο οχημάτων με βάση μία ή περισσότερες αποθήκες για τη συντήρηση των γεωγραφικά διασκορπισμένων πελατών. Ο στόχος του VRP είναι να διαμορφώσει μια διαδρομή με το χαμηλότερο κόστος για να εξυπηρετήσει όλους τους πελάτες. Πάνε πάνω από 45 έτη από όταν ο Dantszig και ο Rhamser εισήγαγαν το VRP τη δεκαετία του 1950 (Dhantzig και Ramser 1959). Αυτοί πρότειναν την πρώτη διατύπωση μαθηματικού προγραμματισμού και αλγοριθμική προσέγγιση. Περιέγραψαν επίσης το VRP με πραγματική εφαρμογή σχετικά με την παράδοση βενζίνης σε πρατήρια καυσίμων. Οι Clarke και Wright (1964) πρότειναν μια αποτελεσματική ευρετική που βελτιώθηκε στη προσέγγιση των Dantzig-Ramser. Μετά από αυτά τα δύο έγγραφα, προτείνονται πολλά μοντέλα και αλγόριθμοι για τη βέλτιστη και κατά προσέγγιση λύση των διαφορετικών εκδόσεων του VRP (Toth και Vigo 2002).

#### 3.1.2 Πρόβλημα διαδρομής του οχήματος

Γενικά, η διανομή ή η συλλογή αγαθών από πελάτες προς αποθήκη καλείται ως πρόβλημα VRP ή Προγραμματισμού Οχημάτων. Η διανομή των προϊόντων αφορά την υπηρεσία, σε δεδομένη χρονική περίοδο, σε ένα σύνολο πελατών από ένα στόλο οχημάτων που βρίσκονται σε μία ή περισσότερες αποθήκες. Αυτά τα οχήματα λειτουργούν από ένα σύνολο πληρωμάτων (οδηγών) και εκτελούν τις κινήσεις τους χρησιμοποιώντας ένα κατάλληλο δίκτυο. Συγκεκριμένα, η λύση ενός VRP απαιτεί τον προσδιορισμό ενός συνόλου διαδρομών, το καθένα εκτελούμενο από ένα μόνο όχημα που ξεκινά και τελειώνει στη δική του αποθήκη, έτσι ώστε να πληρούνται όλες οι απαιτήσεις των πελατών, με κάποιους επιχειρησιακούς περιορισμούς και το κόστος μεταφοράς να είναι ελαχιστοποιημένο. Οι επιχειρησιακοί περιορισμοί

μπορούν να είναι η χωρητικότητα του οχήματος, το μήκος της διαδρομής, το χρονικό παράθυρο, η σχέση προτεραιότητας μεταξύ των πελατών κλπ. Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει ένα VRP με 3 οχήματα που εξυπηρετούν 10 πελάτες και εκτελούν 3 δρομολόγια.



Εικόνα 1. Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων

Ένας ενιαίος καθολικά αποδεκτός ορισμός του VRP δεν υπάρχει λόγω της ποικιλίας των περιορισμών που αντιμετωπίζονται στην πράξη. Το VRP είναι ένα πολύ γνωστό πρόβλημα προγραμματισμού ακέραιων αριθμών που εμπίπτει στην κατηγορία των δυσκολιών NP-hard, πράγμα που σημαίνει ότι η υπολογιστική προσπάθεια που απαιτείται για την επίλυση αυτού του προβλήματος αυξάνεται εκθετικά με το μέγεθος του προβλήματος. Για τέτοια προβλήματα, είναι συχνά επιθυμητό να ληφθούν κατά προσέγγιση λύσεις, έτσι ώστε να μπορούν να βρεθούν αρκετά γρήγορα και να είναι αρκετά ακριβείς για το σκοπό αυτό. Το πρόβλημα δρομολόγησης οχήματος (VRP) μπορεί να θεωρηθεί ως συγχώνευση δύο γνωστών προβλημάτων:

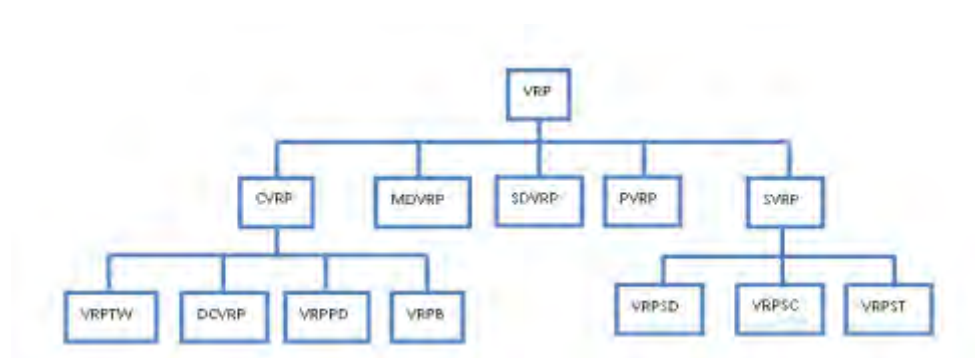
Το πρόβλημα περιπλανώμενου πωλητή (TSP: Travelling salesman problem) και το πρόβλημα BPP. TSP ως ειδική περίπτωση όταν ο αριθμός του οχήματος είναι ένας και η χωρητικότητά του είναι άπειρη.

Το VRP είναι πολύ πιο δύσκολο να επιλυθεί από ένα TSP του ίδιου μεγέθους (Laporte 2007). Το VRP είναι ένα από τα πιο σημαντικά και πιο μελετημένα προβλήματα συνδυαστικής βελτιστοποίησης (COP).

### 3.1.3 Περιπτώσεις VRP

Συνήθως, στα πραγματικά VRPs, πολλοί πλευρικοί περιορισμοί θα εμφανιστούν.

Μερικοί από τους σημαντικότερους τύπους VRP είναι αυτοί (Hrvoje Marković et al 2004) που παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 2. Τύποι VRP

- Το Πρόβλημα δρομολόγησης οχήματος με παραλαβή και παράδοση (VRPPD): Πρέπει να μεταφερθούν ορισμένα αγαθά από ορισμένες θέσεις παραλαβής σε άλλες τοποθεσίες παράδοσης. Ο στόχος είναι να βρεθούν οι βέλτιστες διαδρομές για ένα στόλο οχημάτων για να επισκεφθείτε τις τοποθεσίες pickup και drop-off.
- Πρόβλημα δρομολόγησης οχήματος με το LIFO : Παρόμοια με το VRPPD, εκτός από την επιβολή πρόσθετου περιορισμού στη φόρτωση των οχημάτων: σε κάθε θέση παράδοσης, το αντικείμενο που παραδίδεται πρέπει να είναι το αντικείμενο που έχει προσφάτως ληφθεί. Αυτό το σχέδιο μειώνει τους χρόνους φόρτωσης και εκφόρτωσης στις θέσεις παράδοσης, επειδή δεν χρειάζεται να εκφορτώνονται προσωρινά άλλα αντικείμενα εκτός από εκείνα που πρέπει να πεταχτούν.



- Πρόβλημα δρομολόγησης οχήματος με το χρονικά παράθυρα (VRPTW): Οι θέσεις παράδοσης έχουν χρονικά παράθυρα μέσα στα οποία πρέπει να γίνονται οι παραδόσεις (ή επισκέψεις).
- Προβλήματα δρομολόγησης χωρητικότητας οχήματος: CVRP ή CVRPTW. Τα οχήματα έχουν περιορισμένη φέρουσα ικανότητα των αγαθών που πρέπει να παραδοθούν.
- Πρόβλημα δρομολόγησης οχήματος με πολλαπλά δρομολόγια (VRPMT): Τα οχήματα μπορούν να κάνουν περισσότερες από μία διαδρομές.
- Ανοικτό πρόβλημα δρομολόγησης οχήματος (OVRP): Τα οχήματα δεν υποχρεούνται να επιστρέψουν στο χώρο αποθήκευσης.

Πολλοί προμηθευτές λογισμικού έχουν κατασκευάσει προϊόντα λογισμικού για την επίλυση των διαφόρων προβλημάτων VRP. Πολλά άρθρα είναι διαθέσιμα για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την έρευνα και τα αποτελέσματά τους.

Παρόλο που το VRP σχετίζεται με το Πρόβλημα Προγραμματισμού Εργασίας, τα δύο προβλήματα συνήθως επιλύονται χρησιμοποιώντας διαφορετικές τεχνικές. [5]

### 3.1.4 Εφαρμογές VRP

Υπάρχουν αρκετά σημαντικά προβλήματα που πρέπει να επιλυθούν σε ένα πρόβλημα πραγματικού χρόνου. Οι κύριες εφαρμογές που παρακινούν την έρευνα στον τομέα των VRP σε πραγματικό χρόνο παρατίθενται παρακάτω (Ghiani et al 2003).

i. Δυναμική διαχείριση στόλου: Ορισμένες επιχειρήσεις μεγάλης κλίμακας φορτοεκφόρτωσης απαιτούν την αποστολή σε πραγματικό χρόνο οχημάτων με σκοπό τη συλλογή ή την παράδοση φορτίων. Σημαντική εξοικονόμηση μπορεί να επιτευχθεί βελτιστοποιώντας αυτές τις λειτουργίες.

ii. Συστήματα διανομής που διαχειρίζονται προμηθευτές: Στα συστήματα διανομής που διαχειρίζονται προμηθευτές, οι εταιρείες διανομής εκτιμούν το επίπεδο αποθεμάτων των πελατών με τέτοιο τρόπο ώστε να τα αναπληρώνουν πριν εξαντληθούν. Ως εκ τούτου, οι απαιτήσεις είναι γνωστές εκ των προτέρων κατ'αρχήν και όλοι οι πελάτες είναι στατικοί. Ωστόσο, επειδή η ζήτηση είναι αβέβαιη κάποια

στιγμή, ορισμένοι πελάτες (συνήθως ένα μικρό ποσοστό) ενδέχεται να εξαντληθούν και πρέπει να εξυπηρετηθούν επείγοντως.

iii. Οι αγοραστές: τα φορτία που προέρχονται από απομακρυσμένα τερματικά πρέπει να διανεμηθούν τοπικά. Τα περισσότερα αιτήματα παραλαβής είναι δυναμικά και πρέπει να εξυπηρετούνται την ίδια ημέρα, αν είναι δυνατόν.

iv. Εταιρείες παροχής υπηρεσιών διάσωσης και επισκευής: Υπάρχουν διάφορες εταιρείες που παρέχουν υπηρεσίες διάσωσης ή επισκευής (διάσωση σπασμένων αυτοκινήτων, επισκευή συσκευών κ.λπ.).

v. Συστήματα Dial-a-ride: Παρέχουν συστήματα Dial-a-ride μεταφορικών υπηρεσιών προς άτομα μεταξύ συγκεκριμένων ζευγών προορισμών. Οι πελάτες μπορούν να κάνουν κράτηση για ένα ταξίδι μία ημέρα αργότερα εκ των προτέρων (στατικοί πελάτες) ή να ζητήσουν για πιο σύντομα (δυναμικοί πελάτες).

vi. Υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης: Οι υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης περιλαμβάνουν υπηρεσίες αστυνομίας, πυρόσβεσης και ασθενοφόρων. Εξ ορισμού, όλοι οι πελάτες είναι δυναμικοί. Επιπλέον, το ποσοστό ζήτησης είναι συνήθως χαμηλό, έτσι ώστε τα οχήματα να είναι αδρανή από καιρό σε καιρό. Σε αυτό το πλαίσιο, η μετεγκατάσταση των αδρανών οχημάτων, προκειμένου να προβλεφθούν μελλοντικές απαιτήσεις ή να ξεφύγουν από την κυκλοφοριακή συμφόρηση στο κέντρο της πόλης, αποτελεί μείζον ζήτημα.

vii. Υπηρεσίες taxi cab: Στις υπηρεσίες taxi cab, σχεδόν κάθε πελάτης είναι δυναμικός. Όπως και στις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης, η μετεγκατάσταση των προσωρινών αδρανών οχημάτων αποτελεί πρόβλημα.

viii. Συλλογή απορριμμάτων: Πρόκειται για μια δραστηριότητα που χρησιμοποιεί προϊόντα ή απόβλητα και τα μετακινεί σε ορισμένα σημεία όπου λαμβάνεται μέριμνα για περαιτέρω επεξεργασία. Στην πραγματικότητα, πρέπει να λυθεί το πρόβλημα της δρομολόγησης των οχημάτων συλλογής απορριμμάτων με χρονικά παράθυρα (VRPTW), λαμβάνοντας υπόψη τα πολλαπλάσια ταξίδια διάθεσης και οδηγών, με εξισορρόπηση φόρτου εργασίας και συμπαγή διαδρομή κάθε οχήματος.

ix. Διανομή εφημερίδων: Η διανομή της εφημερίδας είναι το όμοια με το VRP. Η δραστηριότητα διανομής αποτελεί μέρος του στρατηγικού σχεδιασμού της εταιρείας

που αποσκοπεί στη μείωση του αριθμού των μελών του προσωπικού και στη μείωση του κόστους που σημειώθηκε στη διαδικασία διανομής.

### 3.1.5 Ακριβείς Αλγόριθμοι για το VRP

Η κατασκευή ακριβών αλγορίθμων που επιλύουν NP-Hard προβλήματα σε πολωνυμικό χρόνο είναι δυνατή, εκτός αν  $NP = P$ . Για ορισμένες κατηγορίες προβλημάτων, υπάρχουν ελπίδες για την εξεύρεση αλγορίθμων που λύουν τα προβλήματα που συμβαίνουν στην πράξη σε εύλογο χρόνο.

Ένας από τους πιο επιτυχημένους ακριβείς αλγόριθμους για την επίλυση του CVRP είναι η μέθοδος K-tree (Fisher 1994) που κατάφερε να επιλύσει ένα πρόβλημα με 71 πελάτες. Ωστόσο, υπάρχουν μικρότερες περιπτώσεις που δεν έχουν ακόμη λυθεί. Για να αντιμετωπιστούν μεγαλύτερες περιπτώσεις ή για να υπολογιστούν ταχύτερα οι λύσεις, πρέπει να χρησιμοποιηθούν ευρετικές μέθοδοι. Οι Ralphs et al (1995), εφάρμοσαν έναν παράλληλο αλγόριθμο cut-and-cut και βρήκαν μια βέλτιστη λύση για δύο περιπτώσεις και παρείχαν μια απόδειξη της βέλτιστης λειτουργίας.

Για την επίλυση του VRP (Wolsey 1998) χρησιμοποιούνται ακριβείς μέθοδοι όπως η διακλάδωση και το κόψιμο, η διακλάδωση και η τιμή και ο συνδυασμός των κλάδων και των τιμών τους.

Οι Blasum και Hochstättler (2000) χρησιμοποίησαν κλάδο και κοπή για VRP. Ο καλύτερος αλγόριθμος που βασίζεται σε σχήματα σχηματισμού οχημάτων δύο δεικτών οφείλεται στους Naddef και Rinaldi (2002). Οι Toth και Vigo (2002) εφάρμοζαν κλάδους και δεσμούς για επίλυση VRP.

Οι Laporte και Louveaux (1993) πρότειναν έναν ακριβή αλγόριθμο βασισμένο στη μέθοδο ακέραιου τύπου L για την επίλυση του στοχαστικού VRP. Οι Gendreau et al (1995) εξέτασαν το SVRP στο οποίο οι πελάτες και η ζήτησή τους είναι τυχαίες και το διατύπωσαν ως ένα μη γραμμικό στοχαστικό ακέραιο πρόγραμμα και πρότειναν μια μέθοδο βασισμένη στη μέθοδο του σχήματος L.

### 3.1.6 Ευρετικός Αλγόριθμος για το VRP

Οι ευρετικές μέθοδοι είναι μέθοδοι λύσης που μπορούν να βρουν γρήγορα μια εφικτή λύση με λογική ποιότητα. Δεν υπάρχουν εγγυήσεις για την ποιότητα της λύσης. Τα ευρετικά βασίζονται σε αυτά τα πειράματα και δοκιμάζονται εμπειρικά. Μπορούν να γίνουν σχόλια σχετικά με την ποιότητα του ευρετικού. Οι ευρετικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται συνήθως για την επίλυση πραγματικών προβλημάτων λόγω της ταχύτητας και της ικανότητάς τους να χειρίζονται μεγάλες περιπτώσεις.

Προτείνονται αρκετές ευρετικές μέθοδοι για την αναζήτηση σε περιορισμένο χώρο για την παραγωγή καλής ποιότητας του αποτελέσματος σε έναν μέτριο υπολογιστικό χρόνο για το VRP, οι οποίοι ταξινομούνται ευρέως ως:

- Κλασικά ευρετικά (heuristics)
- Μετα - ευρετικά (metaheuristics)

## 3.2 Επεκτάσεις του προβλήματος VRP

### 3.2.1 Πρόβλημα Δρομολόγηση οχήματος με περιορισμένη χωρητικότητα του στόλου (CVRP)

Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με περιορισμένη χωρητικότητα είναι μία από τις πιο κοινές επεκτάσεις του VRP σε περιπτώσεις πραγματικών εφαρμογών. Ειδικότερα, σύμφωνα με το CVRP, ένας δεδομένος αριθμός ομοιογενών στόλων - με ειδικά οχήματα ικανότητας - που ξεφεύγουν από μια κοινή αποθήκη πρέπει να εξυπηρετεί τις γνωστές απαιτήσεις των πελατών, για τον ίδιο τύπο προϊόντων. Ουσιαστικά ένα πρόβλημα CVRP είναι το ίδιο με ένα κλασικό πρόβλημα VRP με τη μόνη διαφορά ότι έχουμε έναν πρόσθετο περιορισμό που πρέπει να λάβουμε υπόψη. Αυτός ο πρόσθετος περιορισμός είναι ότι κάθε όχημα πρέπει να έχει ανώτατο όριο παραγωγικής ικανότητας στον αριθμό των προϊόντων που μεταφέρει στους πελάτες. Στόχος του προβλήματος CVRP είναι να βρεθούν τέτοιες διαδρομές που ελαχιστοποιούν το συνολικό κόστος και ταυτόχρονα να ικανοποιούν όλους τους περιορισμούς για κάθε όχημα. Με άλλα λόγια, η CVRP είναι μια προσπάθεια να ελαχιστοποιηθεί το κόστος της εξυπηρέτησης πελατών, έτσι ώστε όλες οι ποσότητες που ζητούνται από τους πελάτες να συμπεριλαμβάνονται σε μια διαδρομή, χωρίς να υπερβαίνουν τη μέγιστη χωρητικότητα του οχήματος. Το πρόβλημα της βέλτιστης δρομολόγησης οχημάτων με περιορισμένη χωρητικότητα μπορεί να αναπαρασταθεί από ένα γράφημα  $G = (V, E)$ , το οποίο αντιπροσωπεύει ένα δίκτυο διαδρομών. Το σύνολο των κορυφών  $V = \{0, 1, \dots, n\}$  περιλαμβάνει τη βάση του οχήματος, δηλαδή την αποθήκη (αυτή η κορυφή είναι συνήθως η κορυφή 0) και κάθε άλλη κορυφή αντιπροσωπεύει τον πελάτη  $n$ , ο οποίος πρέπει να επιδοθεί. Κάθε τόξο  $(i, j)$  όλων των  $E$  αντιπροσωπεύει μη αρνητικό κόστος  $c_{ij}$  (κόστος ταξιδιού) και χρόνο  $t_{ij}$  (χρόνος ταξιδιού). Επίσης, κάθε πελάτης  $i \in \{1, \dots, n\}$  έχει μη αρνητική ζήτηση, η οποία υποδηλώνεται από το  $d_i$  (θεωρούμε το  $d_0 = 0$ ) και η οποία πρέπει να εξυπηρετηθεί. Επίσης, ο στόλος οχημάτων αποτελείται από οχήματα  $K$ , καθένα από τα οποία έχει προκαθορισμένη χωρητικότητα.

### 3.2.2 Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με ετερογενή στόλο

Το πρόβλημα της δρομολόγησης οχημάτων με ετερογενή στόλο είναι μία από τις πιο κοινές παραλλαγές του VRP σε περιπτώσεις πραγματικών εφαρμογών. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την HVRP, ένας δεδομένος αριθμός γνωστών ετερογενών οχημάτων ικανότητας στόλου θα πρέπει να εξυπηρετεί τις γνωστές απαιτήσεις των πελατών μέσω μιας κοινής αποθήκης, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα το κόστος. Πρέπει να σημειωθεί ότι η ανομοιογένεια του στόλου οχημάτων μπορεί να έχει σχέση είτε με τη διαφορετική ικανότητα των οχημάτων είτε λόγω των διαφόρων τύπων οχημάτων του στόλου. Τέλος, ένα πρόβλημα HVRP είναι ουσιαστικά πανομοιότυπο με ένα κλασσικό πρόβλημα VRP με τη μόνη διαφορά ότι έχουμε δύο πρόσθετους περιορισμούς που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Ο πρώτος πρόσθετος περιορισμός είναι ότι ο αριθμός των διαδρομών που μεταφέρονται από όλους τους τύπους οχημάτων δεν πρέπει να υπερβαίνει τον διαθέσιμο συνολικό αριθμό οχημάτων που είχαμε αρχικά στην αποθήκη μας. Ο δεύτερος πρόσθετος περιορισμός είναι ότι ο πελάτης πρέπει να εξυπηρετείται μόνο μία φορά από έναν τύπο οχήματος. Όσον αφορά τη διατύπωση του HVRP, δίνεται ένα κατευθυνόμενο γράφημα  $G = (V, A)$ , όπου  $V = \{0, 1 \dots n\}$  είναι το σύνολο  $n + 1$  κόμβων και  $A$  είναι το σύνολο τόξων. Ο κόμβος 0 αντιπροσωπεύει την αποθήκη, ενώ το υπόλοιπο σύνολο κόμβων  $V' = V \setminus \{0\}$  αντιστοιχεί στους  $n$  πελάτες. Κάθε πελάτης  $i \in V'$  απαιτεί μια τροφοδοσία μονάδων  $q_i$  από την αποθήκη (υποθέτουμε  $q_0 = 0$ ). Ένας ετερογενής στόλος οχημάτων σταθμεύεται στην αποθήκη και χρησιμοποιείται για την προμήθεια των πελατών. Ο στόλος οχημάτων αποτελείται από  $m$  διαφορετικούς τύπους οχημάτων, με  $M = \{1, \dots, m\}$ . Για κάθε τύπο  $k \in M$ , τα οχήματα  $m_k$  είναι διαθέσιμα στην αποθήκη, καθένα από τα οποία έχει χωρητικότητα ίση με  $Q_k$ . Κάθε τύπος οχήματος συνδέεται επίσης με ένα πάγιο κόστος, ίσο με το  $F_k$ , π.χ. κόστος ενοικίου ή απόσβεσης κεφαλαίου. Επιπλέον, κάθε τόξο  $(i, j) \in A$  και κάθε τύπος οχήματος  $k \in M$  έχει μη αρνητικό κόστος δρομολόγησης  $c_{kij}$ . Μια διαδρομή ορίζεται ως το ζεύγος  $(R, k)$ , όπου  $R$  είναι ένα απλό κύκλωμα στο  $G$  που περιέχει την αποθήκη, και  $k$  είναι ο τύπος οχήματος που συνδέεται με τη διαδρομή.

Το HCVRP δηλώνεται μαθηματικά ως εξής:

$$\min \left( \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^K D_{ij} * X_{ijk} * VC_k + \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^K X_{0jk} * FC_k \right)$$

St.

$$1. \sum_{j=1}^n \sum_{k=0}^K X_{0jk} \leq n$$

$$2. \sum_{j=1}^n \sum_{k=0}^K X_{i0k} \leq n$$

$$3. \sum_{i=0}^n \sum_{k=0}^K X_{ijk} = 1 \quad \forall j \in D$$

$$4. \sum_{j=0}^n X_{0jk} \leq 1 \quad \forall k \in K$$

$$5. \sum_{i=0}^n X_{ipk} - \sum_{j=0}^n X_{pjk} = 0 \quad \forall p \in C, \forall k \in K$$

$$6. \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n [Time_{ij} * X_{ijk} + g * Ukg_j] \leq T \quad \forall k \in K$$

$$7. \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n [Time_{ij} * X_{ijk} + g * Ult_j] \leq T \quad \forall k \in K$$

$$8a. yw_{i0k} = 0 \quad \forall i, k$$



$$8b. \quad yv_{i0k} = 0 \quad \forall i, k$$

$$9a. \quad \sum_{i=0}^n \sum_{k=0}^K yw_{ijk} - \sum_{i=0}^n \sum_{k=1}^K yw_{jik} = Ukg_j \quad \forall j \in D$$

$$9b. \quad \sum_{i=0}^n \sum_{k=0}^K yv_{ijk} - \sum_{i=0}^n \sum_{k=1}^K yv_{jik} = Ult_j \quad \forall j \in D$$

$$10a. \quad \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^K yw_{0jk} = \sum_{j=1}^n Ukg_j$$

$$10b. \quad \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^K yv_{0jk} = \sum_{j=1}^n Ult_j$$

$$11a. \quad yw_{ijk} \leq Qw_k * X_{ijk} \quad \forall i, j, k$$

$$11b. \quad yv_{ijk} \leq Qv_k * X_{ijk} \quad \forall i, j, k$$

Ο πρώτος περιορισμός αναφέρει ότι ο συνολικός αριθμός των οχημάτων που εγκαταλείπουν την αποθήκη για να εξυπηρετούν πελάτες δεν μπορεί να υπερβεί τον συνολικό αριθμό των οχημάτων που είναι διαθέσιμα αρχικά στη αποθήκη. Ο δεύτερος περιορισμός μας διαβεβαιώνει ότι ο συνολικός αριθμός όλων των οχημάτων, μετά την εξυπηρέτηση όλων των πελατών τους και την επιστροφή τους στην αποθήκη, δεν μπορεί να υπερβεί τον αρχικά διαθέσιμο συνολικό αριθμό οχημάτων στην αποθήκη. Επιπλέον, ο περιορισμός 3 δηλώνει ότι κάθε πελάτης πρέπει να επισκέπτεται το πολύ μία φορά και περιορισμό 4 ότι κάθε όχημα  $k$  φεύγει από την αποθήκη το πολύ μια φορά. Επιπλέον, ο περιορισμός 5 δηλώνει ότι για κάθε πελάτη  $p$  και για κάθε όχημα  $k$  που τον έχει εξυπηρετήσει, κάθε όχημα  $k$  πρέπει να αποχωρήσει από αυτόν τον πελάτη  $i$  (flow in-flow out). Ο περιορισμός 6 δηλώνει ότι κάθε όχημα  $k$  μπορεί να κάνει τη διαδρομή του και να εξυπηρετήσει τους πελάτες

του το kg που ζητούνται, σε χρόνο μικρότερο από το μέγιστο δυνατό T. Ο περιορισμός 7 εξασφαλίζει επίσης ότι κάθε όχημα k μπορεί να κάνει τη διαδρομή του και να εξυπηρετήσει τους πελάτες του lt απαιτούνται σε χρόνο μικρότερο από το μέγιστο δυνατό T. Οι περιορισμοί 8α και 8β δηλώνουν ότι δεν πρέπει να υπάρχει επιστροφή σε kg ή lt πίσω στην αποθήκη από τα οχήματα. Οι περιορισμοί 9α και 9β δηλώνουν ότι η ζήτηση κάθε πελάτη i σε kg και σε lt πρέπει να ικανοποιηθεί με ακρίβεια. Οι περιορισμοί 10α και 10β δηλώνουν ότι η συνολική ποσότητα σε kg και σε lt που εξέρχεται από την αποθήκη από όλα τα οχήματα είναι ίση με τη ζήτηση σε kg και σε lt του συνόλου των πελατών που εξυπηρετούνται από όλα τα οχήματα. Τέλος, οι περιορισμοί 11α και 11β είναι περιορισμοί της ασφάλισης ότι αν και υπάρχει διαθέσιμη χωρητικότητα σε kg και σε lt σε όχημα k, επιτρέπεται η ροή των ποσοτήτων.

## 3.3 VRP με TWs (Vehicle Routing Problems with Time Windows)

### 3.3.1 Εισαγωγή

Πολλά προβλήματα παράδοσης σε εφαρμογές στον πραγματικό κόσμο, όπως οι υπηρεσίες εφημερίδων και ταχυμεταφορών, μπορούν να διατυπωθούν ως προβλήματα ικανότητας δρομολόγησης οχημάτων (VRP) [10], στα οποία θέλουμε να δρομολογήσουμε ορισμένα οχήματα με περιορισμένη χωρητικότητα προκειμένου να ικανοποιήσουμε τα αιτήματα των πελατών με το ελάχιστο λειτουργικό κόστος. Αυτό συνήθως μετράται με τον αριθμό των χρησιμοποιούμενων οχημάτων πολλαπλασιασμένα με τη συνολική απόσταση που διανύθηκε. Συχνά, ένας πελάτης μπορεί να καθορίσει ένα χρονικό παράθυρο με την πρώτη και την τελευταία ώρα της παράδοσης, η οποία δημιουργεί το VRP με χρονικά παράθυρα (VRP-TWs). Με άλλα λόγια, ένα όχημα πρέπει να φθάσει σε έναν πελάτη εντός του χρονικού διαστήματος που ορίζεται από τον εν λόγω πελάτη σε ένα VRP-TW. Η άφιξη ενός οχήματος πριν από το συντομότερο δυνατόν όπως ορίζεται από έναν πελάτη σε ένα VRP-TW θα έχει ως αποτέλεσμα την αδράνεια του χρόνου. Από την άλλη πλευρά, ένα όχημα δεν επιτρέπεται να προσεγγίσει έναν πελάτη μετά την καθορισμένη τελευταία στιγμή. Επιπλέον, ένας χρόνος συντήρησης συνήθως συνδέεται με την εξυπηρέτηση κάθε πελάτη. Ένα πραγματικό παράδειγμα του VRP-TW είναι η παράδοση επίπλων, όπου κάθε πελάτης συχνά ζητά τα έπιπλα να παραδοθούν μέσα σε μια δεδομένη περίοδο μιας ημέρας. Δυστυχώς, τα VRP-TW δείχνονται να είναι NP-πλήρη, υποδηλώνοντας μια εκθετική αύξηση στην πολυπλοκότητα του χρόνου για ένα

γενικό αλγόριθμο για την επίλυση οποιουδήποτε από αυτά τα προβλήματα παράδοσης στη χειρότερη περίπτωση. Στην πράξη, υπάρχουν πολλές περιπτώσεις VRP-TW που περιλαμβάνουν 100 πελάτες [1, 10] ή περισσότερα [9] που είναι δύσκολο να λυθούν άριστα [1, 3, 6]. Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, τα VRP-TW, λόγω της προκλητικής φύσης και της πρακτικής τους αξίας, έχουν προσελκύσει συνεχώς πολλές ενδιαφέρουσες προτάσεις για χρήσιμους ελεγκτικούς και αλγορίθμους αναζήτησης [1, 3] για την αποτελεσματική επίλυση προβλημάτων

στους τομείς της Τεχνητής Νοημοσύνης [3] Προγραμματισμός Περιορισμών [1] και Έρευνα Επιχειρήσεων [3].

Μεταξύ των ευρετικών [1, 2] που προτάθηκαν για την επίλυση των προβλημάτων δρομολόγησης οχημάτων, υπάρχουν μερικές ενδιαφέρουσες προτάσεις για την προετοιμασία της αναζήτησης, ενώ άλλες στοχεύουν στην προώθηση της αναζήτησης από μια δεδομένη αρχική κατάσταση με αποτελεσματικό τρόπο. Όσον αφορά την αρχικοποίηση της αναζήτησης, υπάρχουν δύο χρήσιμα ευρετικά στοιχεία, δηλαδή η ευρετική ώθηση εισαγωγής push-forward (PFIH) [6] και το εικονικό εβριστικό όχημα (VVH) [2], το οποίο προτάθηκε να παράγει πιο εφικτές αρχικές καταστάσεις για καλύτερα αποτελέσματα. Το PFIH είναι μια απλή αλλά αποτελεσματική μέθοδος για τον υπολογισμό κάθε διαδρομής, συγκρίνοντας το κόστος εισαγωγής ενός νέου πελάτη στην υφιστάμενη διαδρομή του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων 36 σε σχέση με την έναρξη μιας νέας διαδρομής σε κάθε επανάληψη μέχρις ότου εξυπηρετηθούν όλοι οι πελάτες. Ωστόσο, όταν η χωρητικότητα ενός οχήματος ξεπεραστεί ή ο χρόνος παράδοσης πρέπει να σύρεται πίσω από τον τελευταίο χρόνο που ορίζει ο νέος πελάτης, πρέπει να ξεκινήσει μια νέα διαδρομή.

Είναι προφανές ότι το PFIH μπορεί να επιστρέψει γρήγορα μια εφικτή λύση χωρίς καμία εγγύηση για τη συνολική βέλτιστη αξιοπιστία του. Από την άλλη πλευρά, η VVH λειτουργεί με τη χρήση εικονικών οχημάτων με απεριόριστη χωρητικότητα για τη συγκράτηση των παραδόσεων που δεν εξυπηρετούνται επί του παρόντος από οποιοδήποτε πραγματικό όχημα, ώστε να καταστεί δυνατή η εκτίμηση ενός καλύτερα βελτιστοποιημένου σχεδίου παράδοσης. Με άλλα λόγια, τα εικονικά οχήματα χρησιμοποιούνται ως προσωρινά αποθέματα στα οποία δεν μπορούν να εφαρμοστούν περιορισμοί (όπως ο χρόνος και η χωρητικότητα). Επιπλέον, για να διασφαλιστεί ότι όλες οι παραδόσεις τελικά θα πραγματοποιηθούν από πραγματικά οχήματα, το κόστος που προκύπτει από ένα εικονικό όχημα για μια επίσκεψη του πελάτη είναι πολύ υψηλότερο από αυτό που προκαλείται από ένα πραγματικό όχημα. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα επικεντρωθούμε στη σύγκριση της επίδρασης των παραπάνω heuristics αρχικοποίησης στις μεταεвриστικές έρευνες.

### 3.3.2 Τα προβλήματα δρομολόγησης του οχήματος με τα χρονικά παράθυρα

Ένα γενικό πρόβλημα δρομολόγησης οχήματος (VRP) [1, 10], το οποίο φαίνεται να είναι NP-πλήρες [3], μπορεί να οριστεί τυπικά ως εξής. Παρέχουμε ένα σταθερό  $N$  ή άπειρο αριθμό οχημάτων με περιορισμένη χωρητικότητα  $cn$  (μετρούμενο σε βάρος ή όγκο) και αιτήματα πελατών  $M$ , όπου κάθε αίτημα  $iqj$  απαιτεί μια υπηρεσία παράδοσης για  $Qj$  ποσότητα αγαθών / υπηρεσίας σε διαφορετικές θέσεις. Η απόσταση, η οποία συνήθως μετριέται σε λεπτά ή ώρες που απαιτούνται για τη διαδρομή, μεταξύ οποιωνδήποτε δύο πιθανών σημείων παράδοσης παρέχεται επίσης, συνήθως ως μήτρα απόστασης.

Στη συνέχεια, η αποστολή μας είναι να βελτιστοποιήσουμε ορισμένα κριτήρια που ορίζονται από το χρήστη και υπόκεινται στους ακόλουθους βασικούς περιορισμούς:

1. κάθε αίτημα πελάτη  $iqj$  πρέπει να εξυπηρετείται μόνο από ένα όχημα.
2. Για κάθε όχημα  $n$ , το άθροισμα  $Qn$  της ποσότητας των εμπορευμάτων που πρέπει να παραδοθεί από το όχημα  $n$  πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο με  $cn$ .

Εκτός από τους παραπάνω βασικούς περιορισμούς, σε πολλές εφαρμογές πραγματικής ζωής, όπως η παράδοση των σούπερ μάρκετ, κάθε πελάτης μπορεί να ζητήσει τα αντικείμενα που πρέπει να παραδοθούν σε μια δεδομένη χρονική περίοδο (παραθύρο) μιας ημέρας. Επομένως, ένα πρόβλημα δρομολόγησης οχήματος με χρονικά παράθυρα (VRP-TW) έχει έναν πρόσθετο περιορισμό χρονικού παραθύρου που θα επιβληθεί για κάθε παράδοση ως εξής.

3. Όταν καθορίζεται ένα χρονικό παράθυρο με τον μικρότερο χρόνο  $Ej$  και ο τελευταίος χρόνος  $Lj$  για κάθε παράδοση σε ένα VRP-TW, ο χρόνος άφιξης  $Tvj$  του οχήματος  $n$  για την εξυπηρέτηση του πελάτη  $iqj$  πρέπει να βρίσκεται εντός της καθορισμένης διάρκειας, δηλαδή  $Ej \leq Tvj \leq Lj$ .

Ένας από τους συνηθέστερους στόχους ελαχιστοποίησης των VRP ή VRP-TWs είναι  $TV \times TD$ , όπου  $TV$  είναι ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων οχημάτων και  $TD$  είναι η συνολική απόσταση που διανύεται από όλα τα οχήματα. Σε αυτό το κεφάλαιο, οι συγκρίσιμες στρατηγικές αναζήτησης προσπαθούν να ελαχιστοποιήσουν αυτόν τον

κοινό στόχο της  $TV \times TD$ . Είναι προφανές ότι υπάρχουν πολλές παραλλαγές VRP ή VRP-TW με διαφορετικούς στόχους όπως για παράδειγμα όλος ο χρόνος διαδρομών του συνόλου των οχημάτων ή όλος ο χρόνος που περιμένουν οι πελάτες για βελτιστοποίηση σε πολλές εφαρμογές πραγματικής ζωής. Στην επόμενη ενότητα εξετάζουμε δύο κοινά ευριστικά στοιχεία, δηλαδή την ευρετική εισαγόμενη και το εικονιστικό εικονικό όχημα, χρήσιμα για την επίτευξη μιας αρχικής και εφικτής λύσης στην επίλυση των VRP ή VRP-TWs. Επιπλέον, θα αναθεωρήσουμε δύο ενδιαφέροντα μετα-ευρετικά για να λύσουμε βέλτιστα τα δύσκολα VRP-TWs.

### 3.3.3 Χρήσιμα ευρετικά και μετα-ευρετικά για τη δρομολόγηση οχημάτων

Δεδομένου ότι ο χώρος αναζήτησης για όλες τις πιθανές (εφικτές ή ελαφρώς μη εφικτές) διαδρομές σε VRP ή VRP-TW μπορεί να είναι αρκετά μεγάλη ακόμη και για περιπτώσεις που αφορούν 100 πελάτες [1, 10] ή περισσότερο [9] και οι περιορισμοί του χρονικού παραθύρου στα VRP-TWs μπορεί να είναι δύσκολο να ικανοποιηθούν, η προσεκτική επιλογή ενός κατάλληλου ευρετικού για την επιστροφή μόνο των εφικτών και ενδεχομένως πιο βέλτιστων λύσεων μπορεί να είναι σημαντική για περαιτέρω βελτιστοποίηση. Η ευρετική εβραϊκή εισαγωγή [6] και το εικονικό όχημα [2] είναι δύο χρήσιμα ευρετικά για την εκκίνηση αναζήτησης στην επίλυση δύσκολων VRPs. Επιπλέον, θα εξετάσουμε στο παρόν τμήμα δύο γνωστές meta-heuristics, δηλαδή την καθοδήγηση της τοπικής αναζήτησης (GLS) και αναζήτηση Tabu (TS), οι οποίες βασίζονται σε εντελώς διαφορετικούς μηχανισμούς ελέγχου μνήμης που μοιάζει να περιορίσει την τοπική τελεστή αναζήτησης στο βελτιστοποιώντας συνεχώς την τρέχουσα λύση, μετά την είσοδο από την ευρετική μέθοδο αρχικοποίησης, μέχρι να επιτευχθεί η βέλτιστη λύση για την επιτυχή επίλυση των VRP-TWs. Το TS χρησιμοποιεί μια λίστα με ταμπού που μοιάζει με μνήμη βραχείας διάρκειας, για να αποφεύγονται οι κύκλοι αναζήτησης. Από την άλλη πλευρά, το GLS χρησιμοποιεί ένα μακροπρόθεσμο σύστημα επιβολής ποινών σαν μνήμη για να "απομνημονεύσει" όλα τα ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά που εμφανίζονται στα τοπικά ελάχιστα που επισκεφθήκατε προηγουμένως. Στην Ενότητα

4, θα εξετάσουμε διάφορες προτάσεις για την ενσωμάτωση της ΤΣ στο πλαίσιο GLS για την αποτελεσματικότερη επίλυση των VRP-TW.

### 3.3.4 Πρόβλημα δρομολόγησης οχήματος με την παραλαβή και την παράδοση

Το VRP που αφορά σε παραλαβές κατά το χρόνο της υπηρεσίας αποτελεί πρόβλημα VRP που μελετάται το κατά πόσο είναι πιθανή η επιστροφή κάποιων προϊόντων από ορισμένους πελάτες. Ως εκ τούτου, σε τέτοιου είδους προβλήματα είναι απαραίτητη η πρόβλεψη του απαιτούμενου χώρου μέσα στο όχημα προκειμένου να διοχετευτούν τα προϊόντα που επιστρέφονται. Ο προαναφερθείς περιορισμός κάνει πιο απαιτητική την εξάλειψη του προβλήματος καθώς υπάρχει περίπτωση να καταλήξει σε αρνητική χρησιμοποίηση του χώρου των διαφόρων οχημάτων όταν πρόκειται για εκτενής διαδρομές. Όσον αφορά τον ορισμό του VRPPD, το κόστος της διαδρομής είναι το ίδιο με το κόστος ενός απλού προβλήματος VRP αλλά με την εξέταση των νέων περιορισμών που τίθενται και αφορούν τον αριθμό των παραδόσεων και τον όγκο των προϊόντων που πρέπει να διανεμηθεί. Το VRPPD μπορεί να αναπαρασταθεί από ένα γράφημα  $G = (V, E)$ , το οποίο αντιπροσωπεύει ένα δίκτυο διαδρομών. Το σύνολο των κορυφών  $V = \{1 \dots, n\}$  περιλαμβάνει τους πελάτες, ενώ το σύνολο  $V_0$  περιλαμβάνει όλους τους πελάτες και την αποθήκη (client 0),  $V_0 = \{0, \dots\}$ , Έτσι  $V_0 = V \cup 0$  Το σύνολο  $V_p$  ( $V_d$ ) είναι το σέτ που περιλαμβάνει όλους τους πελάτες παραλαβής και παράδοσης, των οποίων ο αριθμός εμφανίζεται από την  $N_p$  ( $N_d$ ), όταν  $N$  είναι ο συνολικός αριθμός όλων των πελατών. Η απόσταση μεταξύ των πελατών  $i$  και  $j$  δηλώνεται από το  $c_{ij}$  και η χωρητικότητα του οχήματος υποδηλώνεται από το  $Q$ . Η ζήτηση παραλαβής του πελάτη  $i$  δηλώνεται από  $r_i$ , ενώ η ζήτηση παράδοσης του πελάτη  $i$  δηλώνεται με  $d_i$ . Επιπλέον, ο συνολικός αριθμός των οχημάτων είναι  $NV$ ,  $y_{ij}$  είναι η ζήτηση η οποία παίρνεται διαμέσου των πελατών και οδηγείται στο τόξο  $(i, j)$ . Επίσης  $z_{ij}$  είναι η ζήτηση που πρέπει να παραδοθεί στους πελάτες που δρομολογούνται μετά τον κόμβο και μεταφέρονται σε τόξο  $(i, j)$ .

Τέλος, το  $x_{ij}$  είναι μια μεταβλητή δυαδικής απόφασης που μας δείχνει αν το ίσο προς 1 το τόξο  $(i, j)$  ανήκει στο βέλτιστο σύνολο διαδρομών.

Η μοντελοποίηση του VRPPD είναι:

Min

St.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.  $z_{ij} \geq 0$



Η αντικειμενική λειτουργία επιδιώκει να ελαχιστοποιήσει τη συνολική καλυπτόμενη απόσταση, δηλαδή να ελαχιστοποιήσει το συνολικό κόστος. Οι πρώτοι δύο περιορισμοί μας εξασφαλίζουν ότι κάθε πελάτης επισκέπτεται ακριβώς ένα όχημα. Ο περιορισμός 3 θέτει ένα όριο στα οχήματα που χρησιμοποιούνται. Επιπλέον, οι περιορισμοί 4 και 5 είναι εξισώσεις ροής για απαιτήσεις παραλαβής και παράδοσης, αντίστοιχα, και εγγυώνται ότι ικανοποιούνται και οι δύο απαιτήσεις για κάθε πελάτη. Ο περιορισμός 6 ορίζει ότι οι απαιτήσεις παραλαβής και παράδοσης θα μεταφέρονται μόνο με τόξα που περιλαμβάνονται στο διάλυμα και θα επιβάλλουν ανώτερο όριο στο συνολικό όγκο που μεταφέρεται από ένα όχημα σε οποιοδήποτε δεδομένο τμήμα της διαδρομής. Συμπερασματικά, οι περιορισμοί 7-9 καθορίζουν τη φύση των μεταβλητών απόφασης.

### 3.3.5 Πρόβλημα δρομολόγησης οχήματος με πολλαπλές αποθήκες

Το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχήματος Multi-Depot (MDVRP) είναι μια γενίκευση του VRP μεμονωμένης αποθήκης. Στο MDVRP, πολλά οχήματα εξέρχονται από πολλαπλές αποθήκες και πρέπει να επιστρέψουν στις αποθήκες, από όπου έφυγαν, αφού ολοκλήρωσαν τις εκδρομές τους. Ο στόχος του MDVRP είναι να διαμορφώσει μια διαδρομή με το χαμηλότερο κόστος για να εξυπηρετήσει όλους τους πελάτες από πολλαπλές αποθήκες. Γενικά, ο στόχος του MDVRP είναι να ελαχιστοποιήσει τη συνολική απόσταση παράδοσης ή το χρόνο που δαπανάται για την εξυπηρέτηση όλων των πελατών.

Το MDVRP μπορεί να αναπαρασταθεί από ένα γράφημα, το οποίο αντιπροσωπεύει ένα δίκτυο διαδρομών. Στη μοντελοποίηση του MDVRP χρησιμοποιούμε ορισμένα σύνολα, μερικές παραμέτρους, δείκτες και φυσικά μερικές μεταβλητές απόφασης.

Ακριβώς το σύνολο  $I$  περιλαμβάνει όλες τις αποθήκες, ενώ το σύνολο  $J$  περιλαμβάνει όλους τους πελάτες. Ένα σύνολο  $K$  περιλαμβάνει όλα τα οχήματα των οποίων ο συνολικός αριθμός σημειώνεται με  $N$ . Η απόσταση που διανύεται μεταξύ των σημείων  $i$  και  $j$  δηλώνεται με  $c_{ij}$  και η χωρητικότητα κάθε οχήματος  $k$  δηλώνεται με το  $Q_k$ . Επιπλέον, η ζήτηση εκάστου πελάτη  $j$  δηλώνεται από το  $d_j$  και  $V_i$  είναι η μέγιστη δυναμικότητα αποθήκης  $i$ . Όσον αφορά τις μεταβλητές απόφασης που χρησιμοποιούνται στη μοντελοποίηση του MDVRP, χρησιμοποιούνται δύο δυαδικές μεταβλητές απόφασης. Πρώτον, το  $x_{ijk}$  ισούται με το 1 εάν εγώ αμέσως προχωρήσω  $j$  στη διαδρομή  $k$  και ίσο με το 0 αν είναι διαφορετικό. Επίσης, η μεταβλητή απόφασης  $z_{ij}$  ισούται με 1 εάν ο πελάτης  $j$  είναι κατανεμημένος σε depot  $i$  και 0 διαφορετικά.

Η μοντελοποίηση του MDVRP είναι:

$$\text{Min} \sum_{i \in I \cup J} \sum_{j \in I \cup J} \sum_{k \in K} c_{ij} * x_{ijk}$$

1.

2.

$$k \in K$$

3.

4.

5.

$$k \in K$$

6.

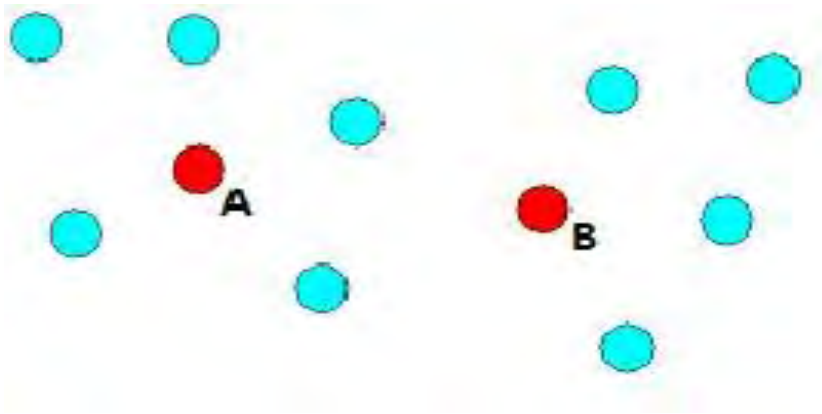
7.

8.

9.

10.

Η αντικειμενική λειτουργία επιδιώκει να ελαχιστοποιήσει τη συνολική καλυπτόμενη απόσταση, δηλαδή να ελαχιστοποιήσει το συνολικό κόστος. Ο πρώτος περιορισμός δηλώνει ότι κάθε πελάτης πρέπει να αντιστοιχιστεί σε μια ενιαία διαδρομή. Ο δεύτερος περιορισμός μας εξασφαλίζει ότι δεν θα υπάρξει υπέρβαση της ικανότητας των οχημάτων. Ακόμα, ο παράγοντας τρία αναφέρεται στην αποφυγή υποπεριορισμού. Ο περιορισμός 4 είναι ο περιορισμός ροής εισόδου-ροής. Επιπλέον, ο περιορισμός 5 μας εξασφαλίζει ότι κάθε διαδρομή μπορεί να εξυπηρετηθεί το πολύ μία φορά, ενώ ο περιορισμός 6 περιλαμβάνει τους περιορισμούς χωρητικότητας για τις αποθήκες. Ο περιορισμός 8 ορίζει ότι ένας πελάτης μπορεί να ανατεθεί σε μια αποθήκη μόνο εάν υπάρχει μια διαδρομή από την αποθήκη που διέρχεται από τον πελάτη. Τέλος, οι περιορισμοί 9 και 10, αντίστοιχα, περιλαμβάνουν τους περιορισμούς δυαδικών και θετικών τιμών.



Εικόνα 3. Ένα παράδειγμα VRP πολλαπλών αποθηκών (οι κουκίδες A και B είναι αποθήκες και οι υπόλοιποι πελάτες).

## 4. Η Εταιρεία Κρυστάλ

### 4.1 Ιστορική Αναδρομή

Η εταιρεία Κρυστάλ ιδρύθηκε από τον πατέρα του σημερινού ιδιοκτήτη της εταιρείας, Βασίλειο Δουλόπουλο, το 1950, ως Οικοτεχνία επί της οδού Κ. Καρτάλη 232.

Το οίκημα ήταν παράλληλα ο τόπος διαμονής της οικογένειας Δουλόπουλου.

Τα αρχικά προϊόντα πώλησης της Εταιρείας ήταν, το Πιπέρι και η Χλωρίνη. Η Χλωρίνη από τότε ονομαζόταν Κρυστάλ, ενώ το Πιπέρι ονομαζόταν Παπαγάλος. Το Πιπέρι αγοραζόταν χονδρικώς σε τσουβάλια και συσκευαζόταν σε κουτάκια των 15 gr. Αντίστοιχα για την παραγωγή της Χλωρίνης αγοραζόταν η αρχική μορφή Χλωρίου ( $\text{Cl}_2$ ), όπου και διαλύονταν μέσα σε νερό. Η συσκευασία της Χλωρίνης ήταν χωρητικότητας 2kg. Η παρασκευή καθώς και η πώληση των προϊόντων γίνονταν απευθείας από την οικία της Οικογένειας Δουλόπουλου και δεν υπήρχαν μεταφορικά μέσα για την διανομή των προϊόντων τους στους πελάτες.

Το 1961 η επιχείρηση Κρυστάλ του Βασίλειου Δουλόπουλου μεταστεγάζεται σε έναν άλλο χώρο, κοντά στο σπίτι τους, κτίσμα που έως τότε είχε τη χρήση στάβλου. Σε εκείνο τον μετασκευασμένο χώρο, η επιχείρηση μετεξελίσσεται σε μικρή βιοτεχνία. Το Χλώριο παρασκευαζόταν πλέον μέσα στις νέες εγκαταστάσεις της επιχείρησης. Όχι όμως και το Πιπέρι, το οποίο συνέχισε να συσκευάζεται εντός της οικίας Δουλόπουλου. Και σε αυτή την φάση, η επιχείρηση δεν διέθετε κάποιο μεταφορικό μέσο για τη διανομή των προϊόντων της στους πελάτες της, αλλά οι πωλήσεις γινόταν απευθείας είτε από την έδρα της εταιρείας είτε από την οικία Δουλόπουλου.

Το 1967, η επιχείρηση Κρυστάλ μεταφέρεται επί της οδού Ιωλκού - Γ. Δήμου και εκμισθώνει χώρο 300 τ.μ. προς παρασκευή των χημικών της προϊόντων. Η εταιρεία πλέον παρασκεύαζε και πωλούσε, εκτός από την Χλωρίνη και το AquaForte (υδροχλωρικό οξύ), όπως βεβαίως και το Πιπέρι, το οποίο λόγω της μεγάλης έκτασης των νέων εγκαταστάσεων, είχε μεταφερθεί εκεί. Σε εκείνη την χρονική περίοδο, η επιχείρηση απέκτησε το πρώτο μεταφορικό της μέσο για τη

διανομή των προϊόντων της, ένα αυτοκίνητο μάρκας Peugeot 404 Caravan. Οι δε εργαζόμενοι στην επιχείρηση Κρυστάλ ανέρχονταν στα τρία άτομα.

Η Επιχείρηση παραμένει επί της οδού Ιωλκού με Γ. Δήμου έως το 1973, οπότε και το κτίριο των εγκαταστάσεων κατεδαφίζεται για να γίνει βενζινάδικο, χρήση που υπάρχει και σήμερα. Έως τότε στο Βόλο, οι ανταγωνίστριες Βιοτεχνίες Καθαριστικών, τουλάχιστον για το προϊόν της Χλωρίνης, ήταν του Βέτσα, της Χιονέξ, όπως βεβαίως και κάποιες πιο αναπτυγμένες εταιρείες από την Αθήνα, που πραγματοποιούσαν διανομές έως τον Βόλο, όπως η Roll. Από την Θεσσαλονίκη ανταγωνίστρια εταιρεία ήταν τότε η Νόμπελ.

Το 1974, η Βιοτεχνία Κρυστάλ μεταστεγάζεται και πάλι. Εγκαθίσταται σε οίκημα, έκτασης 350 - 400 τ.μ., επί της οδού Ιωλκού με Θεμιστοκλέους (πλατεία Καλλιθέας), με πρόσοψη στο πάρκο. Στα προϊόντα της εταιρείας προστίθεται τώρα και το «Φωτιστικό Οινόπνευμα». Το εργατικό δυναμικό της εταιρείας ανέρχεται πλέον σε τέσσερα άτομα. Ταυτόχρονα, η Επιχείρηση προμηθεύεται και ένα φορτηγό τύπου βαν, μάρκας Ford Transit, το οποίο μαζί με το Peugeot 404 Caravan διανέμουν τα προϊόντα της.

Την εποχή εκείνη, η Εταιρεία εμπορευόταν τα προϊόντα της και στις Σποράδες, με αποκλειστικούς αντιπροσώπους. Οι παραγγελίες προς τα νησιά ήταν ιδιαίτερα αυξημένες, γεγονός που έδωσε μεγάλη ανάσα στην Εταιρεία.

Η Βιοτεχνία όμως επειδή βρίσκεται εντός πυκνοδομημένου κατοικημένου χώρου δημιουργεί σοβαρή όχληση τους κατοίκους, οι οποίοι αντιδρούν και έτσι η επιχείρηση αναγκάζεται για μια ακόμη φορά να αλλάξει χώρο.

Έτσι το 1980, η Εταιρεία βρίσκεται εγκατεστημένη πλέον στο Διμήνι Μαγνησίας, σε μεγαλύτερης έκτασης, που είχε ποτέ ως τώρα, χώρο με 500 τ.μ. στεγαζόμενο και αύλειο 2000 τ.μ. Η Βιοτεχνία στις νέες της εγκαταστάσεις ξεκίνησε την παραγωγή Υγρού Πιάτων (500 ml έως 4lt) καθώς και Υγρό Γενικού Καθαρισμού - Απορρυπαντικό Πατώματος (1lt έως 4lt).

Ο στόλος διανομής της εταιρείας αποτελείται πλέον από δύο φορτηγά βαν, μάρκας Mitsubishi R300 καθώς και ένα αγροτικό φορτηγό, μάρκας Mazda E 1600.

Το εργατικό δυναμικό της Βιοτεχνίας αυξάνεται στα 6 άτομα, μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνεται και ο σημερινός ιδιοκτήτης της Εταιρείας κ. Τέλης Δουλόπουλος, γιός του ιδρυτή της, Β. Δουλόπουλου.

Παράλληλα, λόγω επέκτασης της παραγωγικής λειτουργίας της Βιοτεχνίας και λόγω του ότι οι εγκαταστάσεις στο Διμήνι δεν μπορούσαν να την καλύψουν, η Εταιρεία αναγκαζόταν να νοικιάζει και άλλους δύο χώρους, ως χώρους παραγωγής και πάλι στο Διμήνι.

Επίσης, η Εταιρεία ενοικίαζε και άλλους διάσπαρτους χώρους ως αποθηκευτικούς χώρους.

Και τα τέσσερα χημικά προϊόντα της Βιοτεχνίας παραγόταν από εισαγωγή των πρώτων υλών από την Εταιρεία.

Ο αναδευτήρας (βαρέλι) όπου γίνονταν οι αναμείξεις των Χημικών προϊόντων ήταν 200 Kg.

Στο μεταξύ, το Πιπέρι, εκείνη την περίοδο και λόγω ανταγωνιστικών εταιρειών στον τομέα του, είχε αρχίσει την πτωτική του πορεία, γεγονός που σε λίγα χρόνια αργότερα, η συσκευασία και διανομή του εγκαταλείφθηκε οριστικά.

Από την δεκαετία του 1990, η Εταιρεία επέκτεινε το πελατολόγιο της πέρα από τον Βόλο, σε μπακάλικα των γύρω πόλεων, όπως της Λαμίας, Λάρισας, Καρδίτσας και Τρικάλων. Επίσης, είχαν ήδη κάνει την πρώτη εμφάνισή τους και τα πρώτα μάρκετ - αλυσίδες, όπως οι Βερόπουλος, Πανεμπορική, στα οποία η Βιοτεχνία Κρυστάλ λειτούργησε αρχικά ως ο αποκλειστικός τοπικός προμηθευτής τους για την πόλη του Βόλου και μόνο.

Από το 1992 και μετά, ο κ. Τέλης Δουλόπουλος ηγείται της Βιοτεχνίας Κρυστάλ. Τότε αρχίζει να επεκτείνεται σημαντικά, μαζί με άλλες νέες εταιρείες αλλά και καθιερώνοντας αποκλειστικούς αντιπροσώπους σε ολόκληρη την περιοχή της Θεσσαλίας (Λαμία, Τρίκαλα, Καρδίτσα, Σοφάδες, Φάρσαλα, Λάρισα καθώς και τοπικά γύρω από τον Βόλο) καθώς και στις Σποράδες.

Σταδιακά, η Εταιρεία διεισδύοντας σε μεγάλες εταιρείες – αλυσίδες, όπως τα ανερχόμενα Σούπερ Μάρκετ, προστίθεται στην εμπορική συνείδηση ως ένα προϊόν παγιωμένο πλέον και έτσι σταθεροποιείται στην αγορά.

Το 2005, η Βιοτεχνία Κρυστάλ αποχωρεί από τις Εγκαταστάσεις της στο Διμήνι και μετατοπίζεται εκεί που βρίσκεται σήμερα, στην Α΄ ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, σε έναν στεγασμένο χώρο 1500 τ.μ. με αύλειο χώρο 4500 τ.μ.

Η επιχείρηση από τότε επεκτείνεται παραγωγικά, εντάσσοντας ολοένα και νέα προϊόντα στην παραγωγική της διαδικασία, φθάνοντας να εμπορεύεται τα προϊόντα που εντάσσονται στον σημερινό της κατάλογο και τα οποία συνολικά απαριθμούν 151 κωδικούς.



Εικόνα 4: Οι σύγχρονες εγκαταστάσεις της Εταιρείας Κρυστάλ στην Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου.

Ανάμεσα σε αυτά, βρίσκονται και τα προϊόντα τα οποία κυκλοφορούν με την επωνυμία KILVEX, τα οποία στην ουσία αποτελούν την πιο οικονομική σειρά της Κρυστάλ. Τα KILVEX παράγονται, συσκευάζονται και διανέμονται από την Βιοτεχνία Κρυστάλ.

Την εποχή εκείνη, το ανθρώπινο δυναμικό της Εταιρείας ανέρχεται στα 8 άτομα και ο στόλος για την διανομή της στα 4 φορτηγά - βανάκια (2 Mercedes Sprinter, 1 μεγαλύτερο Mercedes 814 D και 1 Μεγάλο Mercedes Atego).

Η Εταιρεία πια προμήθευε τα προϊόντα της και στην Αθήνα αλλά και στην Θεσσαλονίκη μέσω της μεταφορικής εταιρείας του κ. Νικόλαου Τσομπανόπουλου, που νοίκιασε τον προηγούμενο χώρο που κατείχε η Βιοτεχνία Κρυστάλ στο Διμήνι.

Στην τωρινή κατάσταση, η Βιοτεχνία Κρυστάλ απαριθμεί ανθρώπινο δυναμικό 12 ατόμων με ηγετικά στελέχη τον κ. Τέλη Δουλόπουλο και τον υιό του Αλέξανδρο Δουλόπουλο. Η Εταιρεία συνεργάζεται πια με άλλες μεταφορικές εταιρείες, όπως ο Κιούσης, Σαμαράς, Τσομπανόπουλος για τις διανομές εκτός Θεσσαλίας και Σποράδες.

Ωστόσο, οι διανομές εντός της Θεσσαλίας πραγματοποιούνται από την ίδια την Κρυστάλ.

Το Καθημερινό Ωράριο των εργαζόμενων Κρυστάλ είναι 6.00 – 14.00.



Η παλετοποίηση των κιβωτίων με φιλμ γίνεται χειροκίνητα από τους εργαζόμενους της Βιοτεχνίας.

Η εταιρεία χρησιμοποιεί μηχανήματα:

- γεμιστικό
- βιδωτικό
- ετικετέζα

Στο τέλος της παραγωγικής διαδικασίας οι εργάτες συσκευάζουν τα προϊόντα ανά χαρτόκουτο και κατόπιν τα παλετοποιούν χειροκίνητα.

Η φόρτωση των παλετών στα φορτηγά γίνεται με κλάρκ (1 κλάρκ) και η κύλιση τους με παλετοφόρα.



Εικόνα 5: Το εσωτερικό των αποθηκών της Εταιρείας Κρυστάλ.

## 4.2 Οι στόχοι και η Φιλοσοφία της Εταιρείας

Ο κύριος γνώμονας της Εταιρείας Κρυστάλ σύμφωνα με τις πεποιθήσεις του ιδιοκτήτη της κύριο Τέλη Δουλόπουλο, έχει μια ανθρωποκεντρική φιλοσοφία η οποία συμπεριλαμβάνει τόσο τους πελάτες αλλά και τους εργαζομένους της και στόχο έχει την επέκταση της τόσο στο παρόν όσο και στο άμεσο μέλλον. Εστιάζοντας στην ειλικρινή σχέση μεταξύ Εταιρείας και καταναλωτή τα προϊόντα Κρυστάλ στοχεύουν στην συνεχή ικανοποίηση του πελάτη μέσα από ποιότητα, συνέπεια, σταθερότητα για την διευκόλυνση της καθημερινής ζωής. Η εμπιστοσύνη των καταναλωτών μετά από την πάροδο τόσων χρόνων από την ίδρυση της Εταιρείας είναι το αποτέλεσμα μιας υγιούς συνεργασίας.

Μέσω της συνεχούς έρευνας, των τεχνικών γνώσεων και της συνεχούς επαγρύπνησης τα στελέχη της εταιρείας Κρυστάλ θέτουν τον πήχη ψηλά παραμένοντας για χρόνια ψηλά στην επιλογή των πελατών σε αυτό τον διαρκή ανταγωνισμό από Παγκόσμιες Εταιρείες Καθαριστικών.

Στην Εταιρεία Κρυστάλ βασικό κίνητρο εξέλιξης είναι η αφοσίωση των πελατών της αποδεικνύοντας με τον πιο έμπρακτο τρόπο ότι σε αυτή την εποχή εξέλιξης και ανταγωνισμού που ζούμε, η διατήρηση της ανθρώπινης αξίας παραμένει ο υψηλότερος στόχος.

Οι στόχοι της Εταιρείας από άποψη παραγωγής προϊόντων παραμένουν υψηλοί και η ανάπτυξη σχέσεων ειλικρίνειας, συνεργασίας και αλληλοδέσμευσης.

Οι πεποιθήσεις της Εταιρείας είναι:

- Κάλυψη των αναγκών των Καταναλωτών
- Συνεχής ακρόαση των νέων αναγκών που ενδέχεται να προκύπτουν και προσαρμογή σε αυτές
- Ασφάλιση της συνεργασίας και της αξιολόγησης του προσωπικού της Εταιρείας
- Προσφορά καλύτερων δυνατών συνθηκών εργασίας για το προσωπικό με πνεύμα αμοιβαίου σεβασμού και σεβασμού της προσωπικότητας του άλλου
- Προστασία της παρουσίας της Εταιρείας και ελπίδα ότι το κέρδος θα είναι το αναμενόμενο για την συντήρηση και επέκταση των εγκαταστάσεων της σε μια γενικότερη πολιτική αύξησης του κύκλου εργασιών της
- Η Εταιρεία επενδύει συνεχώς σε σύγχρονο εξοπλισμό για την εμφιάλωση, συσκευασία και ετικετοποίηση εξασφαλίζοντας την άριστη ποιότητα των προϊόντων της.

- Όλες οι προτάσεις τόσο από το προσωπικό εντός της Εταιρείας όσο και από το εξωτερικό περιβάλλον της είναι ευπρόσδεκτες
- Οποιοσδήποτε είναι ελεύθερος να συζητήσει, δίχως φόβο με τον επικεφαλής της Εταιρείας ή με την διεύθυνση εάν οποιαδήποτε ενέργεια ή απόφαση της αντιβαίνει τις πεποιθήσεις της
- Οποιοσδήποτε είναι ελεύθερος να ακολουθεί ή να στηρίζει οποιοδήποτε πολιτικό κόμμα, εφόσον οι ιδέες αυτές δεν έρχονται σε σύγκρουση με τις πεποιθήσεις της Εταιρείας ή δεν την ζημιώνει
- Η ομάδα του τμήματος διεύθυνσης της Εταιρείας υπόσχεται τη στενή συνεργασία μεταξύ των εργαζομένων αλλά και των άλλων συνεργατών της για την ταχτοποίηση πιθανών εσωτερικών ζητημάτων, με στόχο την βελτίωση της προόδου και της προοπτικής και κατά συνέπεια των μεταξύ σχέσεων του προσωπικού
- Το προσωπικό πρέπει να αντιλαμβάνεται ότι η τήρηση του ωραρίου συμβάλει στην επίτευξη των στόχων της Εταιρείας και αποτελεί απαραίτητο κανόνα για την ομαλή συνεργασία με την Εταιρεία
- Η Εταιρεία πρέπει να σέβεται τα όρια του ωραρίου του εργαζομένου και να δρά ανάλογα με τον νόμο για τυχόν υπερωρίες
- Η Εταιρεία αναγνωρίζει την προσωπική αξία των στελεχών της και η διοίκηση δημιουργεί ευκαιρίες για την επαγγελματική ανέγερση τους

### 4.3 Τα Προϊόντα της Εταιρείας

Η Εταιρεία Καθαριστικών Κρυστάλ καθώς και η σειρά KILVEX απαριθμούν 151 κωδικούς προϊόντων.

Αυτά είναι: Χλώριο Παχύρευστο Κρυστάλ των 1250 ml σε 4 διαφορετικές γεύσεις, Χλώριο Παχύρευστο Κρυστάλ των 750 ml σε τρεις διαφορετικές αρωματικές γεύσεις, χλώριο λεπτόρευστο Κρυστάλ των 750 ml σε δύο διαφορετικές αρωματικές γεύσεις, χλώριο λεπτόρευστο Κρυστάλ των 4 lt σε δύο διαφορετικές αρωματικές γεύσεις, χλώριο παχύρευστο Κρυστάλ των 2 lt σε δυο διαφορετικές αρωματικές γεύσεις, χλώριο παχύρευστο Κρυστάλ των 4 lt, χλώριο λεπτόρευστο Κρυστάλ των 2 lt σε δύο διαφορετικές αρωματικές γεύσεις, χλώριο λεπτόρευστο Κρυστάλ των 13 lt σε δύο διαφορετικές αρωματικές γεύσεις, συμπυκνωμένο υγρό απορρυπαντικό πιάτων Κρυστάλ των 500ml σε δύο διαφορετικές αρωματικές γεύσεις, συμπυκνωμένο υγρό απορρυπαντικό πιάτων Κρυστάλ των 4 lt σε δύο διαφορετικές γεύσεις, συμπυκνωμένο υγρό απορρυπαντικό πιάτων Κρυστάλ των 13 lt σε δύο διαφορετικές γεύσεις υγρό απορρυπαντικό πλυντηρίου πιάτων Κρυστάλ των 4 lt, υγρό λαμπρυντικό – στεγνωτικό πλυντηρίου Κρυστάλ των 4 lt, υγρό λιποκαθαριστικό Κρυστάλ των 4lt, υγρό γενικού καθαρισμού Κρυστάλ του 1 lt σε δύο διαφορετικές αρωματικές γεύσεις, υγρό γενικού καθαρισμού Κρυστάλ των 4 lt σε τέσσερις διαφορετικές αρωματικές γεύσεις, υγρό γενικού καθαρισμού Κρυστάλ των 13 lt σε τρεις διαφορετικές αρωματικές γεύσεις, οινόπνευμα φωτιστικό Κρυστάλ των 430 ml, οινόπνευμα φωτιστικό Κρυστάλ των 345 ml, απιονισμένο νερό Κρυστάλ των 4 lt, υγρό τζαμιών Κρυστάλ των 4 lt, υγρό τζαμιών Κρυστάλ των 750 ml, υγρό τζαμιών Κρυστάλ των 450 ml, μαλακτικό ρούχων Κρυστάλ των 4 lt, μαλακτικό ρούχων Κρυστάλ του 1.830 lt, υγρό καθαρισμού χεριών Κρυστάλ του 1 lt, υγρό καθαρισμού χεριών Κρυστάλ των 4 lt, καθαριστικό τουαλέτας Κρυστάλ, διάλυμα υδροχλωρικού οξέως Κρυστάλ, Παραφινέλαιο Κρυστάλ, Σόδα καυστική Κρυστάλ του 1 kg, Σόδα ανθρακική πλύσεως Κρυστάλ του 1 kg, συμπυκνωμένο υγρό απορρυπαντικό πιάτων των KILVEX των 4 lt σε δύο διαφορετικές αρωματικές γεύσεις, χλώριο παχύρευστο KILVEX των 750 ml σε δύο διαφορετικές αρωματικές γεύσεις, χλώριο παχύρευστο KILVEX των 1250 ml σε τέσσερις διαφορετικές αρωματικές γεύσεις, χλώριο λεπτόρευστο KILVEX των 2 lt σε δύο διαφορετικές αρωματικές γεύσεις, υγρό γενικού καθαρισμού KILVEX των 4 lt σε δύο διαφορετικές αρωματικές γεύσεις



Εικόνα 6: Φυλλάδιο με τα προϊόντα της Εταιρείας.

#### 4.4 Η Περίπτωση του συστήματος διανομής της Εταιρείας Κρυστάλ

Στο παρόν υποκεφάλαιο θα εξετάσουμε την περίπτωση βελτιστοποίησης της διανομής της εταιρείας Κρυστάλ μέσω της εφαρμογής HCVRPTW για την περιοχή του νομού Θεσσαλίας, η οποία εφαρμόζει την διανομή με δικό της στόλο, ο οποίος αποτελείται από 4 φορτηγά βαν. Δεν θα εξετάσουμε την περίπτωση της διανομής των προϊόντων της στην Αθήνα, Θεσσαλονίκη και Σποράδες αφού για αυτές τις περιοχές η Εταιρεία αναθέτει την διανομή σε μεταφορικές Εταιρείες. Η Αποθήκη της Εταιρείας βρίσκεται στην Α' ΒΙ.ΠΕ.  $39^{\circ}22'34.1''\text{N}$   $22^{\circ}53'06.5''\text{E}$ . Τα οχήματα της Εταιρείας διαφέρουν ως προς την ικανότητα μεταφοράς (capacity) αλλά και ως προς το μέγεθος κάτι που μας προσδίδει επιπλέον δυσκολία για την διαχείριση των διανομών. Πιο αναλυτικά παρατίθεται στον επόμενο πίνακα ο στόλος της Εταιρείας.

Η χωρητικότητα για τα κάθε φορτηγού καθορίστηκε από την ποσότητα των τεμαχίων – χαρτοκιβωτίων που μπορεί να φορτωθεί στο κάθε όχημα. Η μονάδα μέτρησης της χωρητικότητας του κάθε φορτηγού ορίστηκε από το μεσαίο μέγεθος



χαρτοκιβωτίου που χρησιμοποιεί η Εταιρεία. Το μεσαίο μέγεθος χαρτοκιβωτίου έχει διαστάσεις 18.5cm x 35cm x 32cm. Δηλαδή έχει όγκο 0.0207 m<sup>3</sup>.

A/A	Οχήματα	Χωρητικότητα	Τύπος Οχήματος	Κατανάλωση Lt/ 100 km
1.	Mercedes Atego	694	Κλειστό	22.5
2.	Mercedes 814D	600	Κλειστό	17.5
3.	Mercedes Sprinter	341	Κλειστό	8.5
4.	Mercedes Sprinter	341	Κλειστό	8.5

Πίνακας 1: Λίστα με τις Λεπτομέρειες του Στόλου της Εταιρείας Κρυστάλ

Παρακάτω παρουσιάζεται ο στόλος διανομής της Εταιρείας Κρυστάλ και αποτυπώνονται με τα ονόματα, έτσι όπως χρησιμοποιήθηκαν στους Αλγόριθμους,



Mercedes 1 (Atego)



Mercedes 2 (814 D)



Mercedes 3 (Sprinter)



Mercedes 4 (Sprinter)

Εικόνα 7: Φωτογραφίες από τον στόλο διανομής της Εταιρείας.

Γενικά το Ωράριο διανομής της Εταιρείας είναι 6.00 – 15.00. Υπάρχουν όμως και Πελάτες οι οποίοι θέλουν η παράδοση των προϊόντων να γίνεται πριν τις 13.30 (πίνακας 3) και κάποιοι άλλοι ακόμα και πριν τις 12.00 (πίνακας 4) .

Στην περίπτωση που η Εταιρεία δεν προλάβει να παραδώσει το εμπόρευμα πριν το προκαθορισμένο χρονικό περιθώριο που έχει θέσει ο κάθε πελάτης, θα το παραδώσει πρώτο την επόμενη εβδομάδα που έχει προγραμματιστεί για να μην θέσει σε κίνδυνο την διακοπή της συνεργασίας τους. Συγκεκριμένα αν για δύο συνεχόμενες φορές η Εταιρεία δεν προλάβει να παραδώσει τις παραγγελίες στους πελάτες με το αυστηρό χρονικό περιθώριο, τότε λύεται η συνεργασία τους. Η φόρτωση των χαρτοκιβωτίων στα φορτηγά – βαν γίνεται μετά το πέρας των διανομών της κάθε ημέρας.

Συνολικά οι πελάτες της Εταιρείας οι οποίοι εξυπηρετούνται από τον στόλο της είναι 74 και βρίσκονται στον νομό Θεσσαλίας (Πίνακας 2).

Ο μέσος χρόνος παράδοσης της κάθε παραγγελίας είναι 20 λεπτά.

1. Μεταμορφώσεις 21, ΒΟΛΟΣ	11. Δημητριάδος 99, ΒΟΛΟΣ	21. Πολυμέρη 163, ΒΟΛΟΣ	31. Αλικιστιδώς 24, ΒΟΛΟΣ	41. Γ. Δήμου 46, ΒΟΛΟΣ	51. Βόλου 108, ΛΑΡΙΣΑ	61. Σοκράτους 11, ΛΑΡΙΣΑ	71. 1 <sup>ο</sup> χλμ Καρδίτσας Αθηνών, ΚΑΡΔΙΤΣΑ
2.Φ. Ιωάννου 18, ΒΟΛΟΣ	12. Ρήγα Φεραίου 5, ΒΕΛΕΣΤΙΝΟ	22. Δερβενακίων 11, ΒΟΛΟΣ	32. Διμήνη, ΒΟΛΟΣ	42. Ατλαντίδος 27, ΛΑΡΙΣΑ	52. 5 <sup>ο</sup> χλμ Π.Ε.Ο. Λάρισας – Βόλου	62. 3 <sup>ο</sup> χλμ Λάρισας –Τυρνάβου, ΛΑΡΙΣΑ	72. 6 <sup>ο</sup> χλμ Τρικάλων Καρδίτσας, ΤΡΙΚΑΛΑ
3. Αναλήψεως 238, ΒΟΛΟΣ	13. Σειζάνη 12, ΒΟΛΟΣ	23. Β' ΒΙ.ΠΕ. ΒΟΛΟΣ	33. Επαρ. Οδός Βόλου – Παληούριου 175, ΔΙΜΗΝΙ	43. Ε. Ο . Λαμίας – Λάρισας 118, ΝΙΚΑΙΑ	53. Δ. Καραολή 28, ΛΑΡΙΣΑ	63. Φαρσάλων 10 - 12, ΛΑΡΙΣΑ	73. Τρικάλων 71, ΚΑΡΔΙΤΣΑ
4. Ηφαίστου 13, ΒΟΛΟΣ	14. Γκούρα 9, ΒΟΛΟΣ	24. Α' ΒΙ.ΠΕ. ΒΟΛΟΣ	34. Λεωφ. Ειρήνης 85, ΒΟΛΟΣ	44. Σοκράτους 1, ΛΑΡΙΣΑ	54. Σινόπουλου 5, ΛΑΡΙΣΑ	64. Κόκκινος Πύργος, ΦΑΡΣΑΛΑ	74. Νικ. Πλαστήρα 41, ΣΟΦΑΔΕΣ
5.Δημοκρατίας 13, ΑΓΡΙΑ	15. Ελ. Βενιζέλου 168, ΒΟΛΟΣ	25. Θρακών 3, ΒΟΛΟΣ	35. Παλαμά 19, ΒΟΛΟΣ	45. Αλμυρού 17, ΑΓΙΑ, ΛΑΡΙΣΑ	55. Κολοκοτρώνη 31 -33, ΛΑΡΙΣΑ	65. Γ. Κονδύλη 44, ΤΡΙΚΑΛΑ	
6. 2ας Νοεμβρίου 107, ΒΟΛΟΣ	16. Αβέρωφ 7, Ν.ΙΩΝΙΑ ΒΟΛΟΣ	26. Εθν. Αντιστάσεως 13,ΒΟΛΟΣ	36. Ελευθερίας 28, Ν. Αγχίαλος, ΒΟΛΟΣ	46. Ηπείρου 64- 66, ΛΑΡΙΣΑ	56. Δ. Καραολή 40, ΛΑΡΙΣΑ	66. Λαρίσης 46, ΦΑΡΣΑΛΑ	
7. Κορωνίου 9, ΒΟΛΟΣ	17. Κωσταντά 145, ΒΟΛΟΣ	27. Κάτω Λεχώνια, ΒΟΛΟΣ	37. 30 <sup>ης</sup> Ιουλίου 98, Ν. Αγχίαλος, ΒΟΛΟΣ	47. Ηρ. Πολυτεχνείου 14, ΛΑΡΙΣΑ	57. Λαρίσης Τρικάλων – Φαρσάλων, ΛΑΡΙΣΑ	67. Ε.Ο. Λαρίσης Τρικάλων 46, 46, ΦΑΡΚΑΔΩΝΑ	
8. Λαμπράκη - Αλμυρού, ΒΟΛΟΣ	18. Δημ. Γεωργιάδου 227, ΒΟΛΟΣ	28. Φυτόκου – Σκοπέλου ,ΒΟΛΟΣ	38. Αλμυρού 28, ΒΟΛΟΣ	48. Βόλου 35, ΛΑΡΙΣΑ	58. Ελ.Βενιζέλου 34, ΧΑΛΚΗ	68. Κολοκοτρώνη 27, ΤΡΙΚΑΛΑ	
9. Λαρίσης 208, ΒΟΛΟΣ	19. Βάρναλη 53, ΒΟΛΟΣ	29. Θυατύρων 2, ΒΟΛΟΣ	39. Λαρίσης 257, ΒΟΛΟΣ	49. Θέτιδος 11, ΛΑΡΙΣΑ	59. Οικονόμου 56, ΕΛΑΣΣΟΝΑ	69. Στρ. Γρ. Γουλιανού 15, ΠΑΛΑΜΑΣ, ΚΑΡΔΙΤΣΑ	
10. Αχιλλοπούλου 153, ΒΟΛΟΣ	20. Οδ.Ελύτη – Περιφερειακός, ΒΟΛΟΣ	30. Τ.Οικονομάκη 32, ΒΟΛΟΣ	40. Λατομείο Σέσκλου, ΒΟΛΟΣ	50. Εθν. Αντιστάσεως 16, ΤΥΡΝΑΒΟΣ	60. 3 <sup>ο</sup> χλμ Λάρισας – Κοζάνης, ΛΑΡΙΣΑ	70. Λάκμωνος 5, ΤΡΙΚΑΛΑ	

Πίνακας 2: Λίστα με όλους τους Πελάτες της Εταιρείας στην Περιφέρεια Θεσσαλίας.



1.ΗΦΑΙΣΤΟΥ 13, ΒΟΛΟΣ	9. Οδ.Ελύτη – Περιφερειακός, ΒΟΛΟΣ	17. Ατλαντίδος 27, ΛΑΡΙΣΑ	25. Βόλου 108, ΛΑΡΙΣΑ	33. Οικονόμου 56, ΕΛΑΣΣΟΝΑ	41. Κολοκοτρώνη 27, ΤΡΙΚΑΛΑ
2.ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ 13, ΑΓΡΙΑ	10 .Πολυμέρη 163, ΒΟΛΟΣ	18. Ε. Ο . Λαμίας – Λάρισας 118, ΝΙΚΑΙΑ	26. 5° χλμ Π.Ε.Ο. Λάρισας – Βόλου	34. 3° χλμ Λάρισας – Κοζάνης, ΛΑΡΙΣΑ	42. Στρ. Γρ. Γουλιανού 15, ΠΑΛΑΜΑΣ, ΚΑΡΔΙΤΣΑ
3.2ας ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 107, ΒΟΛΟΣ	11.. Κάτω Λεχώνια, ΒΟΛΟΣ	19. Σωκράτους 1, ΛΑΡΙΣΑ	27. Δ. Καραολή 28, ΛΑΡΙΣΑ	35. Σωκράτους 11, ΛΑΡΙΣΑ	43. Λάκμωνος 5, ΤΡΙΚΑΛΑ
4.Λαμπράκη - Αλμυρού, ΒΟΛΟΣ	12. Φυτόκου – Σκοπέλου ,ΒΟΛΟΣ	20. Αλμυρού 17, ΑΓΙΑ, ΛΑΡΙΣΑ	28. Σινόπουλου 5, ΛΑΡΙΣΑ	36. 3° χλμ Λάρισας – Τυρνάβου, ΛΑΡΙΣΑ	44. 1° χλμ Καρδίτσας Αθηνών, ΚΑΡΔΙΤΣΑ
5.Λαρίσης 208, ΒΟΛΟΣ	13. Παλαμά 19, ΒΟΛΟΣ	21. Ηπείρου 64- 66, ΛΑΡΙΣΑ	29. Κολοκοτρώνη 31 - 33, ΛΑΡΙΣΑ	37. Φαρσάλων 10 -12, ΛΑΡΙΣΑ	45. 6° χλμ Τρικάλων Καρδίτσας, ΤΡΙΚΑΛΑ
6.Ελ. Βενιζέλου 168, ΒΟΛΟΣ	14. Ελευθερίας 28, Ν. Αγχιάλος, ΒΟΛΟΣ	22. Ηρ. Πολυτεχνείου 14, ΛΑΡΙΣΑ	30. Δ. Καραολή 40, ΛΑΡΙΣΑ	38. Κόκκινος Πύργος, ΦΑΡΣΑΛΑ	46.Τρικάλων 71, ΚΑΡΔΙΤΣΑ
7.Αβέρωφ 7, Ν.ΙΩΝΙΑ ΒΟΛΟΣ	15. Λαρίσης 257, ΒΟΛΟΣ	23. Βόλου 35, ΛΑΡΙΣΑ	31. Λαρίσης Τρικάλων – Φαρσάλων, ΛΑΡΙΣΑ	39. Γ. Κονδύλη 44, ΤΡΙΚΑΛΑ	
8.Κωσταντά 145, ΒΟΛΟΣ	16. Γ. Δήμου 46, ΒΟΛΟΣ	24. Θέτιδος 11, ΛΑΡΙΣΑ	32. Ελ.Βενιζέλου 34, ΧΑΛΚΗ	40. Λαρίσης 46, ΦΑΡΣΑΛΑ	

Πίνακας 3: Λίστα με τους Πελάτες, στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, που δέχονται τις παραγγελίες έως τις 13.30

1.	Ε.Ο. Λαρίσης Τρικάλων 46, 46, ΦΑΡΚΑΔΩΝΑ
2.	Νικ. Πλαστήρα 41, ΣΟΦΑΔΕΣ

Πίνακας 4: Λίστα με τους Πελάτες, στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, που δέχονται τις παραγγελίες έως τις 12.00

Αυτή η εργασία προκειμένου να ολοκληρωθεί χρησιμοποίησε τα δεδομένα για την διανομή των προϊόντων της Εταιρείας για τον μήνα Μάρτη 1.3.2019 - 31.3.2019.

Πιο συγκεκριμένα τα δεδομένα της Εταιρείας αναφέρονταν στις στάσεις της διανομής καθώς και ποια ήταν η ζήτηση για τον κάθε πελάτη, προσαρμοσμένη με την μονάδα μέτρησης της χαρτόκουτας που αναφέρθηκε παραπάνω.

#### 4.5 Βελτιστοποίηση του συστήματος διανομής στις στατικές απαιτήσεις παράδοσης

Σε αυτή την ενότητα προσπαθήσαμε να βελτιστοποιήσουμε το σύστημα διανομής της Εταιρείας Κρυστάλ για τις στατικές απαιτήσεις του μήνα Μάρτη και συγκεκριμένα από 1.3.2019 – 31.3.2019. Συνολικά οι Εταιρεία είχε να ικανοποιήσει 74 στατικούς πελάτες σε όλη την περιοχή της Θεσσαλίας. Οι χρόνοι παράδοσης είχαν ποικιλομορφία καθώς υπήρξαν 3 κατηγορίες για χρόνους παράδοσης. Υπήρξαν οι πελάτες οι οποίοι δέχονταν παραγγελίες έως τις 15.00, υπήρξαν πελάτες οι οποίοι δέχονταν παραγγελίες έως τις 13.30 καθώς και υπήρξαν οι πελάτες οι οποίοι δέχονταν παραγγελίες έως τις 12.00. Κάθε ημέρα για τον παραπάνω μήνα η Εταιρεία μου έδινε τις στάσεις που θα εξυπηρετούσε καθώς και τα χιλιόμετρα και τον χρόνο παράδοσης όπως σημειώνονταν στον ταχογράφο του κάθε φορτηγού, στο τέλος της κάθε ημέρας. Παράλληλα για την κάθε μέρα του μήνα αυτού πραγματοποιήσαμε μια ευρετική προσέγγιση του αλγορίθμου HCVRPTW, προκειμένου να βρούμε μια

βέλτιστη διαδρομή για τα φορτηγά της Εταιρείας. Αυτό έγινε για να μπορέσουμε να συγκρίνουμε τα συνολικά έξοδα που προκύπτουν από την διανομή που εφαρμόζει η Εταιρεία, με τα συνολικά έξοδα που εξάγονται εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο HCVRPTW. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε παρουσιάζεται παρακάτω καθώς και παρουσιάζεται και ένα παράδειγμα για τις 12.3.2019.

Το γεγονός ότι η Εταιρεία υπόκειται σε ποινή κάθε φορά που αργεί να παραδώσει το εμπόρευμα της, μας δημιούργησε κάποιους χρονικούς περιορισμούς στον προγραμματισμό του αλγορίθμου με αποτέλεσμα τις περισσότερες φορές να εξάγεται το αποτέλεσμα όπου εξυπηρετούνται πρώτα οι πιο απαιτητικοί χρονικά πελάτες και μετά οι υπόλοιποι.

### Αλγόριθμος ευρετικής προσέγγισης

**Nomenclature**

$V = \{1, 2, 3, \dots, |V|\}$  = set of vehicles  
 $R_v, v \in \{1, 2, \dots, |V|\}$  = is the route schedule for every  $v$  belongs to  $V$   
 $RC_v, v \in \{1, 2, \dots, |V|\}$  = is the route cost for every  $v$  belongs  $V$   
 $N$  = is the number of trip requests. Each trip request is consisted by one pickup and one deliver node.  
 $TR_{i \in \{1, 2, \dots, N\}}$  = is the sequence of trip demands.  
 $EPT_{i \in \{1, 2, \dots, N\}}$  = Earlier pickup time of trip request  $i$   
 $BIP_{iv}$  = the best insertion position of  $i$ -th trip request  $TR_i$  to route schedule  $R_v$   
 $MinCostBIP_{iv}$  = is the cost of the best insertion position of the trip request  $TR_i$  to route schedule  $R_v$

---

A description of the insertionH algorithm in pseudo code is as follows:

Step0: for every  $v$  in  $V$  build an empty  $R_v$   
 Step1: Sort  $R_v$  in descending order according to  $RC_v$   
 Step2: Sort  $TR_i$  in ascending order according to demands  $EPT_i$   
 Step3: for every  $TR_i, i \in \{1, 2, \dots, N\}$

Step3.1: Sort  $R_v$  in ascending order according to  $RC_v$   
 Step3.2: for every  $R_v, v \in \{1, 2, \dots, |V|\}$  do  
     find the  $BIP_{iv}$   
     Calculate  $MinCostBIP_{iv}$   
 Step3.3: If no  $BIP_{iv}, v \in \{1, 2, \dots, |V|\}$  found goto step 3.6  
 Step3.4: From all  $MinCostBIP_{iv}$  select the minimum one  
 Step3.5: Assign that  $TR_i$  to the appropriate  $R_v$  and goto step3  
 Step3.6: Reject that trip request and repeat step3

end for

Εικόνα 8. Ο αλγόριθμος ευρετικής προσέγγισης που χρησιμοποιήθηκε για αυτή την διπλωματική εργασία. (Lois, A., 2016, On the Online Dial-a-Ride Problem, LAP LAMBERT Academic Publishing, 60.)

Γενικά οι στατικές ζητήσεις ανά ημέρα έχουν να εξυπηρετήσουν τις εξής πόλεις:

Ημέρα	Πόλεις
Δευτέρα	Λάρισα
Τρίτη	Βόλος, Τρίκαλα, Καρδίτσα
Τετάρτη	Βόλος
Πέμπτη	Λάρισα, Τρίκαλα, Καρδίτσα
Παρασκευή	Βόλος, Λάρισα, Τρίκαλα, Καρδίτσα
Σάββατο	Βόλος

Πίνακας 5: Λίστα με τις Στατικές ζητήσεις παραγγελιών ανά Πόλη.

Συγκεκριμένα όπως μας ενημέρωσε η γραμματεία της Εταιρείας η μέρα με το μεγαλύτερο πρόβλημα στις παραδόσεις των παραγγελιών είναι η Τρίτη.

Σχεδόν κάθε Τρίτη η διανομή της Εταιρείας δεν προλαβαίνει να εξυπηρετήσει τους πελάτες που έχουν αυστηρό Χρονικό Όριο με αποτέλεσμα την επόμενη Τρίτη που θα πραγματοποιηθεί η προγραμματισμένη παράδοση η Εταιρεία θα εξυπηρετήσει πρώτους τους πελάτες που δεν πρόλαβε να εξυπηρετήσει την προηγούμενη Τρίτη, αφήνοντας όμως με αυτό τον τρόπο

Το κόστος κίνησης υπολογίζεται από την κατανάλωση του κάθε φορτηγού/100 χλμ (πίνακας 1) επί την τιμή του πετρελαίου κίνησης, η οποία υπολογίστηκε ως 1.349 ευρώ/λίτρο.

Ημερομηνία	Συνολικά Heuristic Kms	Φορτηγά	Κόστος κίνησης (euro)
1.3.2019	240.610	1	27.59
2.3.2019	58.224	1	6.67
4.3.2019	202.698	1	61.52
5.3.2019	519.392	2	59.55
6.3.2019	110.743	2	12.7
7.3.2019	260.909	1	29.917
8.3.2019	134.959	1	15.475
9.3.2019	68.234	1	7.82
11.3.2019	312.947	2	84.9
12.3.2019	488.115	2	55.96
13.3.2019	129.179	2	14.81
14.3.2019	264.927	1	30.37
15.3.2019	178.565	1	20.47
16.3.2019	54.976	1	6.3

18.3.2019	312.478	2	86.82
19.3.2019	519.392	2	95.97
20.3.2019	270.615	2	31
21.3.2019	241.420	1	27.68
22.3.2019	41.004	1	9.68
23.3.2019	55.513	1	13.1
26.3.2019	493.016	2	56.53
27.3.2019	82.889	1	19.56
28.3.2019	173.333	1	19.87
29.3.2019	133.520	1	31.52
30.3.2019	85.590	1	20.20
<b>Σύνολο 845.982</b>			

Πίνακας 6: Λίστα με τα Συνολικά Χιλιόμετρα, τον αριθμό των φορτηγών και τα συνολικά κόστη, όπως προέκυψαν από τον Heuristic αλγόριθμο για τις Στατικές ζήτησεις της Εταιρείας Κρυστάλ ανά μέρα για τον μήνα Μάρτιο.

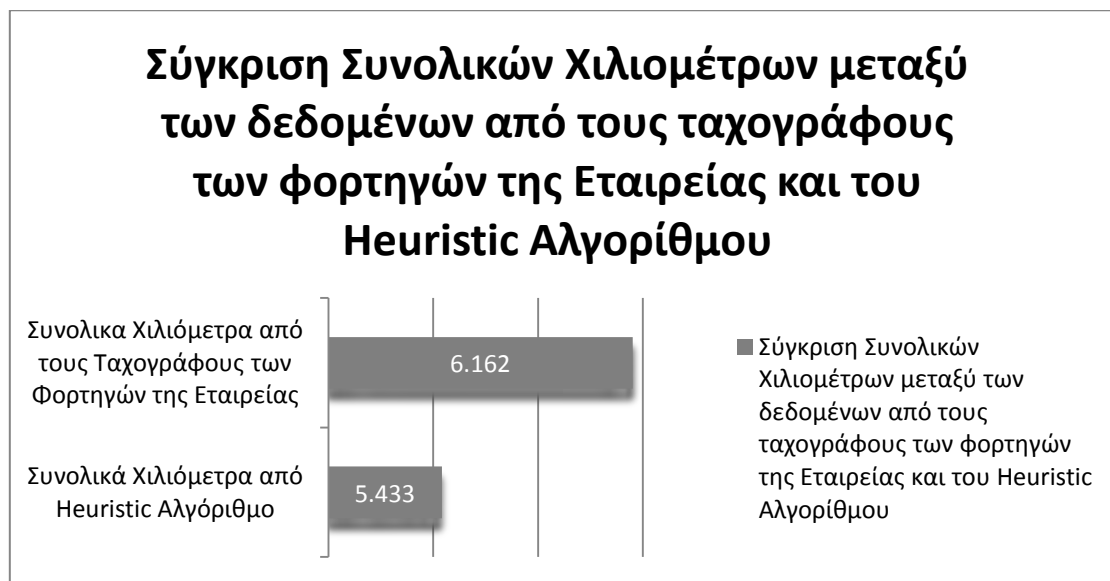
Οι ταχογράφοι των φορτηγών έδειξαν τα παρακάτω χιλιόμετρα για την κάθε μέρα του μήνα Μάρτη. Το Κόστος Κίνησης υπολογίστηκε με τον ίδιο τρόπο όπως και παραπάνω και με την ίδια τιμή πετρελαίου.

Ημερομηνία	Συνολικά χιλιόμετρα	Φορτηγά	Κόστος Κίνησης (euro)
1.3.2019	259.7	1	29.78
2.3.2019	71.2	1	8.16
4.3.2019	236.7	1	71.84
5.3.2019	563.6	2	64.62
6.3.2019	142.4	2	16.33
7.3.2019	296.3	1	33.97
8.3.2019	169.5	1	19.43
9.3.2019	91.4	1	10.48
11.3.2019	342.4	2	95.91
12.3.2019	532.9	2	61.10
13.3.2019	152.4	2	17.48
14.3.2019	295.5	1	33.88
15.3.2019	207.4	1	23.78
16.3.2019	81.4	1	9.33
18.3.2019	341.3	2	103.6
19.3.2019	552.4	2	130.4
20.3.2019	297.3	2	34.09
21.3.2019	273.4	1	31.34
22.3.2019	64.7	1	15.27
23.3.2019	79.4	1	18.7

26.3.2019	542.1	2	62.15
27.3.2019	100.4	1	23.7
28.3.2019	197.4	1	22.63
29.3.2019	161.2	1	38.05
30.3.2019	109.6	1	25.8
<b>Σύνολο 1001.82</b>			

Πίνακας 7: Λίστα με τα Συνολικά Χιλιόμετρα, τον αριθμό των φορτηγών και τα συνολικά κόστη όπως προέκυψαν από τα δεδομένα του ταχογράφου για τις Στατικές ζητήσεις της Εταιρείας Κρυστάλ ανά μέρα για τον μήνα Μάρτιο.

Παρακάτω παρατίθεται η σύγκριση του συνολικού κόστους μεταξύ του της διαδρομής που σχηματίστηκε από τον Heuristic αλγόριθμο και από τα δεδομένα που συλλεχτήκαν από τους ταχογράφους των φορτηγών της Εταιρείας.



Εικόνα 9. Διάγραμμα Σύγκρισης Συνολικών Χιλιομέτρων μεταξύ των δεδομένων από τους ταχογράφους των φορτηγών της Εταιρείας και του Heuristic Αλγορίθμου.



Εικόνα 10. Διάγραμμα Σύγκρισης του Συνολικού Κόστους Διανομής, για τον μήνα Μάρτιο του 2019, της Εταιρείας Κρυστάλ με το Συνολικό Κόστος που προκύπτει από το Σενάριο Heuristic.

Όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε από τα αποτελέσματα που εξάγονται σε αυτή την ενότητα από την χρήση του Heuristic αλγορίθμου, μπορούμε να μειώσουμε το κόστος διανομής κατά 15.55% τον μήνα. Αυτό είναι ένα σημαντικό χρηματικό ποσό που εξοικονομείται καθώς είναι 155.83 euro/μήνα και 1870 euro/χρόνο.

Οι πελάτες για την ημέρα Τρίτη 12.3.2019 για την οποία και θα παρουσιαστεί ο τρόπος εύρεσης της βέλτιστης διαδρομής είναι:

A/A	Στάσεις
1.	ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ 21
2.	ΦΙΛΙΠΠΟΥ ΙΩΑΝΝΟΥ 19
3.	ΑΝΑΛΗΨΕΩΣ 238-246
4.	ΚΟΡΩΝΙΟΥ 9
5.	2Ας ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 107
6.	ΚΩΣΤΑΝΤΑ 145
7.	ΠΟΛΥΜΕΡΗ 163
8.	ΔΗΜΑΡΧΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ 227
9.	ΛΑΡΙΣΗΣ 46
10.	ΝΙΚ.ΠΛΑΣΤΗΡΑ 41
11.	ΣΤΡΑΤΗΓΟΥ ΓΡ.ΓΟΥΛΙΑΝΟΥ 15

12.	1ο χλμ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ ΑΘΗΝΩΝ
13.	ΤΡΙΚΑΛΩΝ 91
14.	Γ.ΚΟΝΔΥΛΗ 44
15.	ΛΑΚΜΩΝΟΣ 5
16.	6ο χλμ ΤΡΙΚΑΛΩΝ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ

Πίνακας 8: Λίστα με τους Πελάτες, στις 12.3.2019 μέρα για την οποία εφαρμόστηκε ο Heuristic αλγόριθμος.

Μετά την εκτέλεση του Heuristic Αλγορίθμου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα με την σειρά παράδοσης στις καλούμενες στάσεις με τα φορτηγά Mercedes 3 και Mercedes 4.

Mercedes 4	
13.	ΤΡΙΚΑΛΩΝ 91
14	Γ.ΚΟΝΔΥΛΗ 44
16.	6ο χλμ ΤΡΙΚΑΛΩΝ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ
15	ΛΑΚΜΩΝΟΣ 5
12.	1ο χλμ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

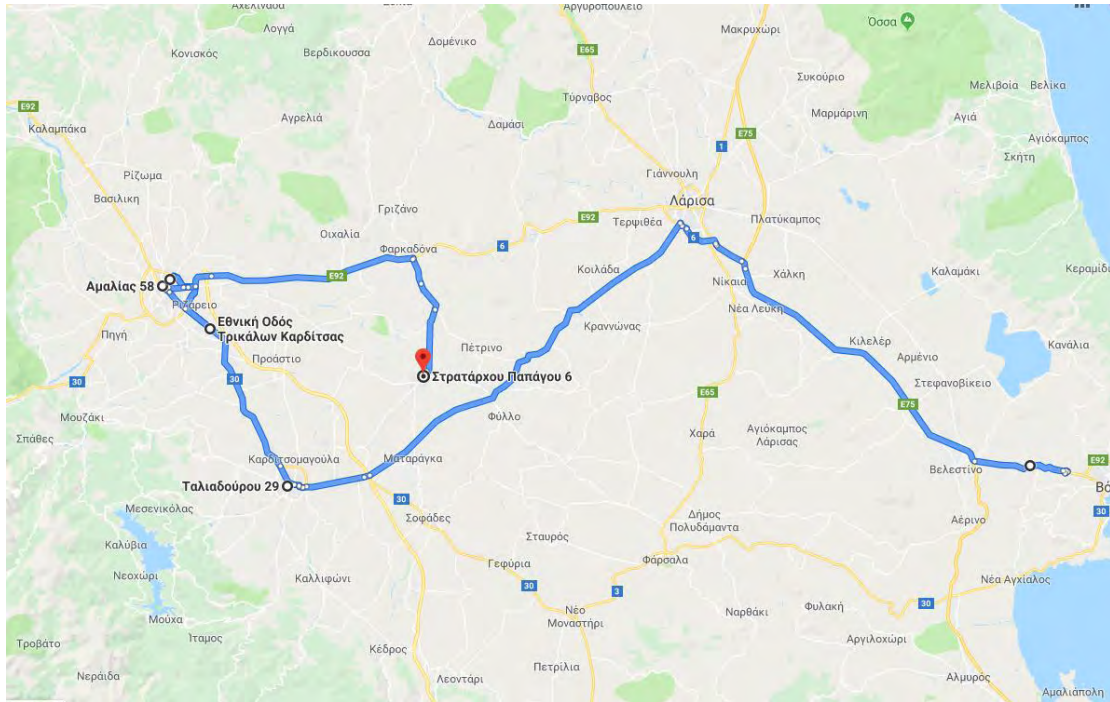
Πίνακας 9: Λίστα με τους Πελάτες, στις 15.3.2018 ημέρα για τη οποία εφαρμόστηκε ο Heuristic αλγόριθμος και εξυπηρετήθηκαν από το φορτηγό Mercedes 4.

Mercedes 3	
4.	ΚΟΡΩΝΙΟΥ 9
5.	2Ας ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 107
1.	ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ 21
7.	ΠΟΛΥΜΕΡΗ 163
2.	ΦΙΛΙΠΠΟΥ ΙΩΑΝΝΟΥ 19
6.	ΚΩΣΤΑΝΤΑ 145
3.	ΑΝΑΛΗΨΕΩΣ 238-246
8.	ΔΗΜΑΡΧΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ 227
10	ΝΙΚ.ΠΛΑΣΤΗΡΑ 41
11.	ΣΤΡΑΤΗΓΟΥ ΓΡ.ΓΟΥΛΙΑΝΟΥ 15
9.	ΛΑΡΙΣΗΣ 46

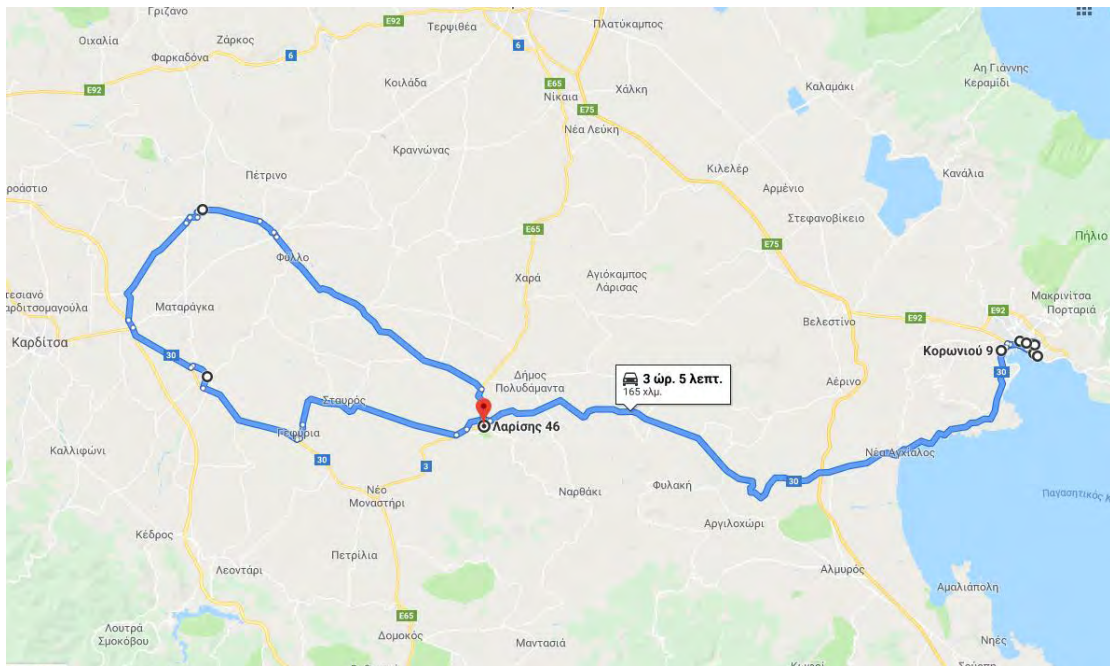
Πίνακας 10: Λίστα με τους Πελάτες, στις 15.3.2018 ημέρα για τη οποία εφαρμόστηκε ο Heuristic αλγόριθμος και εξυπηρετήθηκαν από το φορτηγό Mercedes 3.



Παρακάτω φαίνεται η διαδρομή μέσω του Google maps των αντίστοιχων φορτηγών στις καλούμενες στάσεις. Με την παραπάνω σειρά διανομής καλύπτεται και το πρόβλημα της έγκαιρης παράδοσης των φορτίων για την απαιτητική περίπτωση εδώ της στάσης ΝΙΚ.ΠΑΛΣΤΗΡΑ 41, όπου πρέπει να παραδοθεί το φορτίο έως τις 12.00. Σύμφωνα με τα δεδομένα της εξόδου του αλγορίθμου η παράδοση στην συγκεκριμένη στάση γίνεται στο 721 λεπτό δηλαδή στις 12.01, εντός δηλαδή του Χρονικού Ορίου που μας επιβλήθηκε.



Εικόνα 11. Η διαδρομή, όπως αποτυπώνεται στο Google maps, του φορτηγού Mercedes 4, όπως προκύπτει από τον Heuristic αλγόριθμο για την Τρίτη 12.3.2019.



Εικόνα 12. Η διαδρομή, όπως αποτυπώνεται στο Google maps, του φορτηγού Mercedes 3, όπως προκύπτει από τον Heuristic αλγόριθμο για την Τρίτη 12.3.2019.

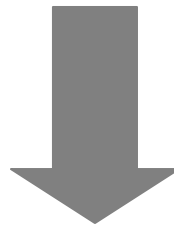
## 4.6 On Line Line (On- Darp- NoOpt) Αλγόριθμος για Έκτακτη Βελτιστοποίηση του συστήματος διανομής στις δυναμικές απαιτήσεις παράδοσης

Σε αυτό το κεφάλαιο θα μελετήσουμε την περίπτωση όπου ενώ έχει φύγει ήδη το φορτηγό για διανομή και μπορεί να βρίσκεται οπουδήποτε, έρχονται παραγγελίες για επιπλέον παραδόσεις κατά την διάρκεια της ημέρας, άλλοτε εντός της πόλης όπου κινείται το φορτηγό και άλλοτε εκτός.

Αυτή η περίπτωση που παρουσιάζεται σε αυτό το κεφάλαιο είναι μια πραγματικότητα για την Εταιρεία, όπου καλείται σχεδόν καθημερινά να ανταπεξέλθει σε αστάθμητους παράγοντες ζήτησης. Σε αυτή την περίπτωση θα θεωρήσουμε ότι τα μέλη της Εταιρείας έχουν προβλέψει γι' αυτές τις επιπλέον ζητήσεις και γι' αυτό θα θεωρήσουμε ότι το φορτηγό είναι ήδη φορτωμένο με παραπάνω προϊόντα από τις αποθήκες του για την κάλυψη των στατικών ζητήσεων του αλλά και για την επιπλέον ζήτηση. Για τον παραπάνω όμως λόγο θα θεωρήσουμε, ότι η Εταιρεία δεν φορτώνει τα μικρά της φορτηγά (Mercedes Sprinter) για την εξυπηρέτηση των πελατών της σε αυτό το διάστημα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την κάλυψη της Στατικής Ζήτησης για το διάστημα 12.3.2019- 14.3.2019, αλλά τα μεγαλύτερα, αφού όπως προείπαμε “προνοεί” για της επιπλέον ζητήσεις που μπορεί να προκύψουν και φορτώνει παραπάνω εμπορεύματα από το προγραμματισμένο. Έτσι αυξάνονται και τα κόστη διανομής αφού η κατανάλωση καυσίμου στα μεγαλύτερα φορτηγά της Εταιρείας, είναι και αυτή αυξημένη.

Ημερομηνίες	Τύπος Φορτηγών	Αντίστοιχες Καταναλώσεις
11.3.2019	Mercedes 1 & Mercedes 3	22.5 Lt/100 kms & 8.5 Lt/100 kms
12.3.2019	Mercedes 3 & Mercedes 4	8.5 Lt/100 kms & 8.5 Lt/100 kms
13.3.2019	Mercedes 3 & Mercedes 4	8.5 Lt/100 kms & 8.5 Lt/100 kms
14.3.2019	Mercedes 3 & Mercedes 4	8.5 Lt/100 kms & 8.5 Lt/100 kms

Πίνακας 11: Λίστα με τον τύπο των φορτηγών και τις αντίστοιχες καταναλώσεις τους που εξυπηρετούν τις Στατικές ζητήσεις για τις συγκεκριμένες ημερομηνίες.



Ημερομηνίες	Τύπος Φορτηγών	Αντίστοιχες Καταναλώσεις
11.3.2019	Mercedes 1 & Mercedes 3	22.5 Lt/100 kms & 8.5 Lt/100 kms
12.3.2019	Mercedes 1 & Mercedes 2	22.5 Lt/100 kms & 17.5 Lt/100 kms
13.3.2019	Mercedes 1 & Mercedes 2	22.5 Lt/100 kms & 17.5 Lt/100 kms
14.3.2019	Mercedes 1 & Mercedes 2	22.5 Lt/100 kms & 17.5 Lt/100 kms

Πίνακας 12: Λίστα με τον τύπο των φορτηγών και τις αντίστοιχες καταναλώσεις τους που εξυπηρετούν τις Στατικές αλλά και τις επιπλέον ζητήσεις για τις συγκεκριμένες ημερομηνίες.

Πιο συγκεκριμένα θα παρουσιάσουμε τις επιπλέον ζητήσεις που προέκυψαν για τις ημέρες 11-3-2019 έως 14-3-2019, καθώς και τις ακριβείς ώρες που αυτές ζητήθηκαν από την Εταιρεία. Έχει νόημα να ξέρουμε την ακριβή ώρα που ζητείται η επιπλέον παραγγελία, γιατί μπορούμε να ανατρέξουμε στην έξοδο των στατικών εξυπηρετήσεων και να δούμε ποια παραγγελία εκείνη την ώρα εξυπηρετεί το φορτηγό και πως θα αντιδράσει στο πρόγραμμα του για την κάλυψη της επιπλέον ζήτησης που προκύπτει.

Παρακάτω παρατίθεται οι πίνακες με τις στατικές ζητήσεις για τις ημέρες 11-3-2019 έως 14-3-2019 και ακριβώς από κάτω τους, οι επιπλέον ζητήσεις που παραγγέλθηκαν κατά τη διάρκεια των ήδη παραδόσεων.

A/A	<b>11-3-2019 Στάσεις Φορτηγού</b>	
1.	ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 34, ΧΑΛΚΗ	
2.	ΣΩΚΡΑΤΟΥΣ 1, ΛΑΡΙΣΑ	
3.	5ο ΧΛΜ Π.Ε.Ο ΛΑΡΙΣΗΣ ΒΟΛΟΥ	
4.	ΚΑΡΑΟΛΗ 40, ΛΑΡΙΣΑ	
5.	ΒΟΛΟΥ 35, ΛΑΡΙΣΑ	
6.	ΛΑΡΙΣΗΣ ΤΡΙΚΑΛΩΝ ΚΑΙ ΦΑΡΣΑΛΩΝ, ΛΑΡΙΣΑ	
7.	ΒΟΛΟΥ 109, ΛΑΡΙΣΑ	
8.	ΑΓΙΑ	
9.	ΝΙΚΑΙΑ	
10.	3ο ΧΛΜ ΛΑΡΙΣΑΣ ΤΥΡΝΑΒΟΥ	
11.	ΤΥΡΝΑΒΟΣ	
12.	ΚΟΛΟΚΟΤΡΩΝΗ 31, ΛΑΡΙΣΑ	
13.	ΘΕΤΙΔΟΣ 11, ΛΑΡΙΣΑ	
14.	ΗΠΕΙΡΟΥ 64, , ΛΑΡΙΣΑ	
15.	28 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ, ΛΑΡΙΣΑ	
A/A	<b>11-3-2019 On Line Στάσεις Φορτηγού</b>	<b>Ώρα Παραγγελίας</b>
Pel_on1.	B' ΒΙ.ΠΕ, ΒΟΛΟΣ	12.30
Pel_on2.	ΛΑΡΙΣΗΣ 257, ΒΟΛΟΣ	10.0

Πίνακας 13: Λίστα με τους στατικούς Πελάτες για την ημέρα 11.3.2018, αλλά και με τους επιπλέον πελάτες οι οποίοι προέκυψαν κατά την διάρκεια της παράδοσης και για τους οποίους χρησιμοποιήθηκε ο On Line (On- Darp- NoOpt) αλγόριθμος.

A/A	<b>12-3-2019 Στάσεις Φορτηγού</b>	
1.	ΑΝΑΛΗΨΕΩΣ 238-246, ΒΟΛΟΣ	
2.	ΦΙΛΙΠΠΟΥ ΙΩΑΝΝΟΥ 19, ΒΟΛΟΣ	
3.	ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ 21, ΒΟΛΟΣ	
4.	ΚΟΡΩΝΙΟΥ 9, ΒΟΛΟΣ	
6.	2Ας ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 107, ΒΟΛΟΣ	
7.	ΚΩΣΤΑΝΤΑ 145, ΒΟΛΟΣ	
8.	ΠΟΛΥΜΕΡΗ 163, ΒΟΛΟΣ	
9.	ΔΗΜΑΡΧΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ 227, ΒΟΛΟΣ	
10.	ΛΑΡΙΣΗΣ 46, ΒΟΛΟΣ, ΒΟΛΟΣ	
11.	ΝΙΚ.ΠΛΑΣΤΗΡΑ 41, ΣΟΦΑΔΕΣ	
12.	ΣΤΡΑΤΗΓΟΥ ΓΡ.ΓΟΥΛΙΑΝΟΥ 15, ΠΑΛΑΜΑΣ (ΚΑΡΔΙΤΣΑ)	
13.	1ο ΧΛΜ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ ΑΘΗΝΩΝ, ΚΑΡΔΙΤΣΑ	
14.	ΤΡΙΚΑΛΩΝ 91, ΚΑΡΔΙΤΣΑ	
15.	Γ.ΚΟΝΔΥΛΗ 44, ΤΡΙΚΑΛΑ	
16.	ΛΑΚΜΩΝΟΣ 5, ΤΡΙΚΑΛΑ	
17.	6ο ΧΛΜ ΤΡΙΚΑΛΩΝ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ, ΤΡΙΚΑΛΑ	
A/A	<b>12-3-2019 On Line Στάσεις Φορτηγού</b>	<b>Ώρα Παραγγελίας</b>

Pel_on1.	ΒΑΡΝΑΛΗ 53, ΑΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΒΟΛΟΣ	8.30
----------	-------------------------------------	------

Πίνακας 14: Λίστα με τους στατικούς Πελάτες για την ημέρα 12.3.2018, αλλά και με τους επιπλέον πελάτες οι οποίοι προέκυψαν κατά την διάρκεια της παράδοσης και για τους οποίους χρησιμοποιήθηκε ο On Line (On- Darp- NoOpt) αλγόριθμος.

A/A	<b>13-3-2019 Στάσεις Φορτηγού</b>	
1.	ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ 21, ΒΟΛΟΣ	
2.	Α' ΒΙ.ΠΕ, ΒΟΛΟΣ	
3.	Β' ΒΙ.ΠΕ, ΒΟΛΟΣ	
4.	ΑΛΚΙΣΤΙΔΩΣ 24, ΒΟΛΟΣ	
5.	ΛΑΡΙΣΗΣ 208, ΒΟΛΟΣ	
6.	ΒΑΡΝΑΛΗ 53, ΑΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΒΟΛΟΣ	
7.	ΘΡΑΚΩΝ 3, ΒΟΛΟΣ	
8.	ΕΘΝΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ 13, ΒΟΛΟΣ	
9.	ΑΧΙΛΛΟΠΟΥΛΟΥ 153, ΒΟΛΟΣ	
10.	ΤΑΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΑΚΗ, ΒΟΛΟΣ	
11.	ΛΑΡΙΣΗΣ 257, ΒΟΛΟΣ	
12.	ΓΙΑΝΝΗ ΔΗΜΟΥ 46, ΒΟΛΟΣ	
13.	ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ 13, ΑΓΡΙΑ ΒΟΛΟΣ	
14.	ΚΑΤΩ ΛΕΧΩΝΙΑ, ΒΟΛΟΣ	
15.	ΑΝΑΛΗΨΕΩΣ 238-246, ΒΟΛΟΣ	
16.	30 ΙΟΥΛΙΟΥ, ΝΕΑ ΑΓΧΙΑΛΟΣ ΒΟΛΟΣ	
A/A	<b>13-3-2019 On Line Στάσεις Φορτηγού</b>	<b>Ωρα Παραγγελίας</b>
Pel_on1.	ΑΒΕΡΩΦ 7, ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ ΒΟΛΟΣ	8.30
Pel_on2.	2Ας ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ, ΒΟΛΟΣ	9.10
Pel_on3.	ΛΑΡΙΣΗΣ 208, ΒΟΛΟΣ	9.30
Pel_on4.	ΑΛΜΥΡΟΥ 17, ΑΓΙΑ ΛΑΡΙΣΑ	10.10

Πίνακας 15: Λίστα με τους στατικούς Πελάτες για την ημέρα 13.3.2018, αλλά και με τους επιπλέον πελάτες οι οποίοι προέκυψαν κατά την διάρκεια της παράδοσης και για τους οποίους χρησιμοποιήθηκε ο On Line (On- Darp- NoOpt) αλγόριθμος.

A/A	<b>14-3-2019 Στάσεις Φορτηγού</b>	
1.	Ε. Ο . ΛΑΜΙΑΣ - ΛΑΡΙΣΑΣ 118, ΝΙΚΑΙΑ	
2.	3ο χλμ ΛΑΡΙΣΑΣ ΤΥΡΝΑΒΟΥ, ΛΑΡΙΣΑ	
3.	ΕΘΝΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ 16, ΑΜΠΕΛΩΝΑΣ ΛΑΡΙΣΑ	
4.	ΦΑΡΣΑΛΩΝ 10-12, ΛΑΡΙΣΑ	
5.	Ε.Ο.Ο ΛΑΡΙΣΗΣ ΤΡΙΚΑΛΩΝ 46, ΦΑΡΚΑΔΟΝΑ	
6.	ΛΑΡΙΣΗΣ ΤΡΙΚΑΛΩΝ & ΦΑΡΣΑΛΩΝ, ΛΑΡΙΣΑ	
7.	Γ.ΚΟΝΔΥΛΗ 44, ΤΡΙΚΑΛΑ	
8.	ΚΟΚΚΙΝΟΣ ΠΥΡΓΟΣ, ΤΡΙΚΑΛΑ	

9.	ΛΑΚΜΩΝΟΣ 5, ΤΡΙΚΑΛΑ	
A/A	<b>14-3-2019 On Line Στάσεις Φορτηγού</b>	<b>Ωρα Παραγγελίας</b>
Pel_on1.	6 <sup>ο</sup> ΧΛΜ ΤΡΙΚΑΛΩΝ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ, ΤΡΙΚΑΛΑ	10.30
Pel_on2.	ΦΑΡΣΑΛΩΝ 10-12, ΛΑΡΙΣΑ	11.00
Pel_on3.	ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ 21, ΒΟΛΟΣ	11.40
Pel_on4.	ΗΠΕΙΡΟΥ 64-66, ΛΑΡΙΣΑ	11.50

Πίνακας 16: Λίστα με τους στατικούς Πελάτες για την ημέρα 14.3.2018, αλλά και με τους επιπλέον πελάτες οι οποίοι προέκυψαν κατά την διάρκεια της παράδοσης και για τους οποίους χρησιμοποιήθηκε ο On Line (On- Darp- NoOpt) αλγόριθμος.

Εκτελέσαμε τον On Line αλγόριθμο για την συγκεκριμένη ώρα που πραγματοποιήθηκε η παραγγελία, έτσι ώστε να ανασχηματιστεί το δίκτυο των Στατικών ζητήσεων, με την συγκεκριμένη τοποθεσία που θα βρίσκονταν το συγκεκριμένο λεπτό το φορτηγό. Η Εταιρεία μας ενημέρωσε για τα χιλιόμετρα των ταχογράφων μετά από το τέλος της κάθε ημέρας και αυτά συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα του On Line αλγόριθμου.

Ημερομηνία	Συνολικά On Line Heuristic (Kms)	Φορτηγά	Κόστος κίνησης (euro)
11.3.2019	423.9	2	86.87
12.3.2019	507.1	2	135.71
13.3.2019	243.5	2	69.2
14.3.2019	374.2	2	106.21
<b>Σύνολο 397.99</b>			

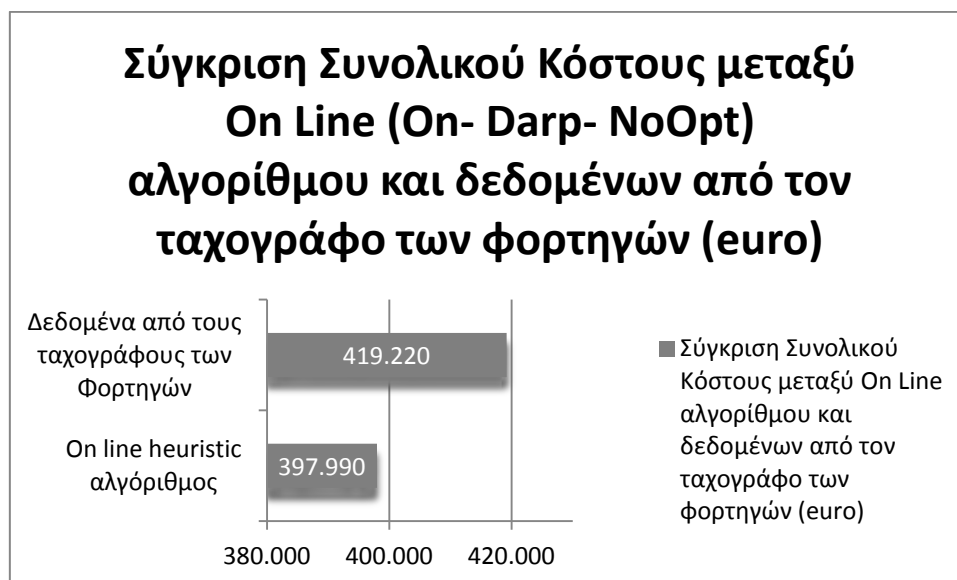
Πίνακας 17: Λίστα με τα Συνολικά Χιλιόμετρα, τον αριθμό των φορτηγών και τα συνολικά κόστη όπως προέκυψαν από την έξοδο του On Line (On- Darp- NoOpt) αλγορίθμου για την κάλυψη των Στατικών αλλά και της επιπλέον ζήτησης, της Εταιρείας Κρυστάλ, όπως προέκυψε για το διάστημα από 11.3.2019 – 14.3.2019.

Η Εταιρεία Κρυστάλ, μας προμήθεψε για την εκάστοτε ημέρα του διαστήματος 11.3.2019 – 14.3.2019, με τα αποτελέσματα του ταχογράφου των φορτηγών που χρησιμοποιήθηκαν για την κάλυψη των Στατικών αλλά και των επιπλέον ζητήσεων που προέκυψαν. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα χιλιόμετρα, ο αριθμός των φορτηγών και το συνολικό κόστος κίνησης από τα δεδομένα που συλλέχτηκαν.

Ημερομηνία	Συνολικά χιλιόμετρα από ταχογράφους φορτηγών (Kms)	Φορτηγά	Κόστος κίνησης (euro)
11.3.2019	446.7	2	93.3
12.3.2019	518.4	2	141.3
13.3.2019	264.2	2	73.8
14.3.2019	392.3	2	110.82
<b>Σύνολο 419.22</b>			

Πίνακας 18: Λίστα με τα Συνολικά Χιλιόμετρα, τον αριθμό των φορτηγών και τα συνολικά κόστη όπως προέκυψαν από τα δεδομένα του ταχογράφου για τις Στατικές αλλά και της επιπλέον ζήτησης, της Εταιρείας Κρυστάλ, όπως προέκυψε για το διάστημα από 11.3.2019 – 14.3.2019.

Παρακάτω παρατίθεται η σύγκριση του συνολικού κόστους μεταξύ του της διαδρομής που σχηματίστηκε από τον On Line (On- Darp- NoOpt) αλγόριθμο για τις επιπλέον στάσεις κατά την διάρκεια της ημέρας και από τα δεδομένα που συλλεχτήκαν από τους ταχογράφους των φορτηγών της Εταιρείας.



Εικόνα 13. Διάγραμμα Σύγκρισης του Συνολικού Κόστους Διανομής της Εταιρείας Κρυστάλ με το Συνολικό Κόστος που προκύπτει από τον On Line (On- Darp- NoOpt) Αλγόριθμο.

Όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε από τα αποτελέσματα που εξάγονται σε αυτή την ενότητα από την χρήση του On Line (On- Darp- NoOpt) αλγορίθμου, μπορούμε να



μειώσουμε το κόστος διανομής κατά 5.1% στο διάστημα από 11.3.2019 έως 14.3.2019. Αυτό είναι ένα σημαντικό χρηματικό ποσό που εξοικονομείται καθώς είναι 159.22 euro/μήνα και 1910.7 euro/χρόνο.

Κατόπιν συγκρίνουμε τα Συνολικά Χιλιόμετρα, τον αριθμό των φορτηγών και τα Συνολικά Κόστη μεταξύ του Heuristic Σεναρίου για τις Στατικές ζητήσεις και του On Line (On- Darp- NoOpt) αλγορίθμου για την ικανοποίηση των Στατικών αλλά και των επιπλέον ζητήσεων.

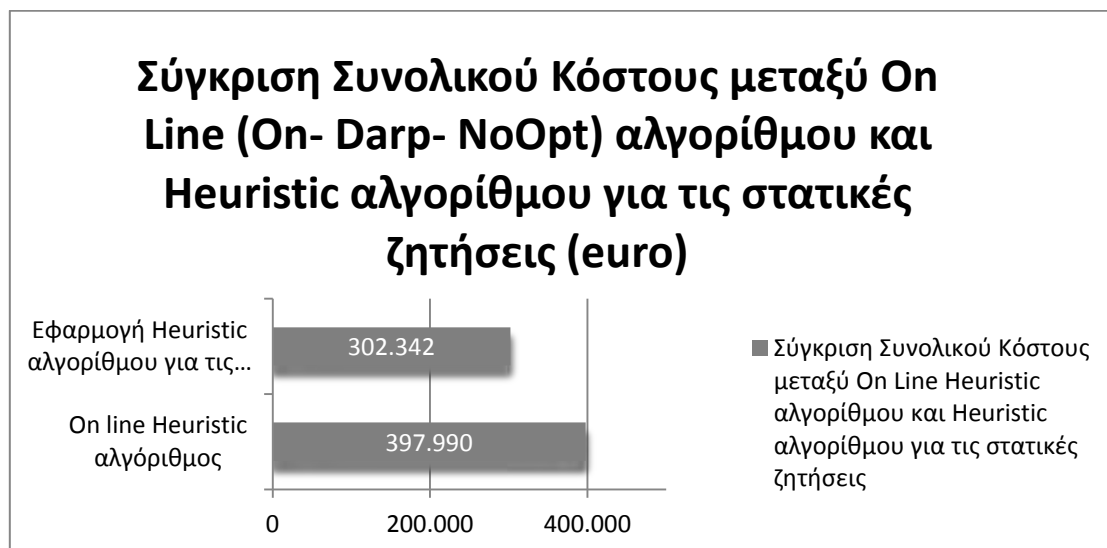
<b>Αποτελέσματα on line (On- Darp- NoOpt) αλγορίθμου</b>			
<b>Ημερομηνία</b>	<b>Συνολικά χιλιόμετρα</b>	<b>Φορτηγά</b>	<b>Κόστος Κίνησης (euro)</b>
11.3.2019	423.9	2	86.87
12.3.2019	507.1	2	135.71
13.3.2019	243.5	2	69.2
14.3.2019	374.2	2	106.21
<b>Σύνολο 397.99</b>			

Πίνακας 19: Λίστα με τα Συνολικά Χιλιόμετρα, τον αριθμό των φορτηγών και τα συνολικά κόστη όπως προέκυψαν από το Heuristic Σενάριο για τις Στατικές και τις επιπλέον ζητήσεις των παραγγελιών στο διάστημα 11.3.2019 – 14.3.2019.

Στον παρακάτω πίνακα τα Κόστη Κίνησης αλλάζουν από τα Κόστη Κίνησης που είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, παρ' ότι τα χιλιόμετρα για την εξυπηρέτηση των Στατικών ζητήσεων παραμένουν τα ίδια. Αυτό συμβαίνει διότι αλλάζουν τα φορτηγά που εξυπηρετούν τις ζητήσεις, προκειμένου να έχουν παραπάνω ποσότητα φορτωμένη από τις αποθήκες για εξυπηρέτηση τυχόν επιπλέον ζητήσεων. Έτσι για την ημέρα 11.3.2019 τα φορτηγά εξυπηρέτησης παραμένουν τα ίδια, αλλάζουν όμως για τις υπόλοιπες ημέρες. Οι αλλαγές στα φορτηγά περιγράφονται στους Πίνακες 11 και 12.

<b>Αποτελέσματα Heuristic αλγορίθμου για τις στατικές ζητήσεις</b>			
<b>Ημερομηνία</b>	<b>Συνολικά χιλιόμετρα</b>	<b>Φορτηγά</b>	<b>Κόστος Κίνησης (euro)</b>
11.3.2019	312.947	2	74.14
12.3.2019	488.115	2	131.222
13.3.2019	129.179	2	34.41
14.3.2019	264.927	1	62.54
<b>Σύνολο 302.342</b>			

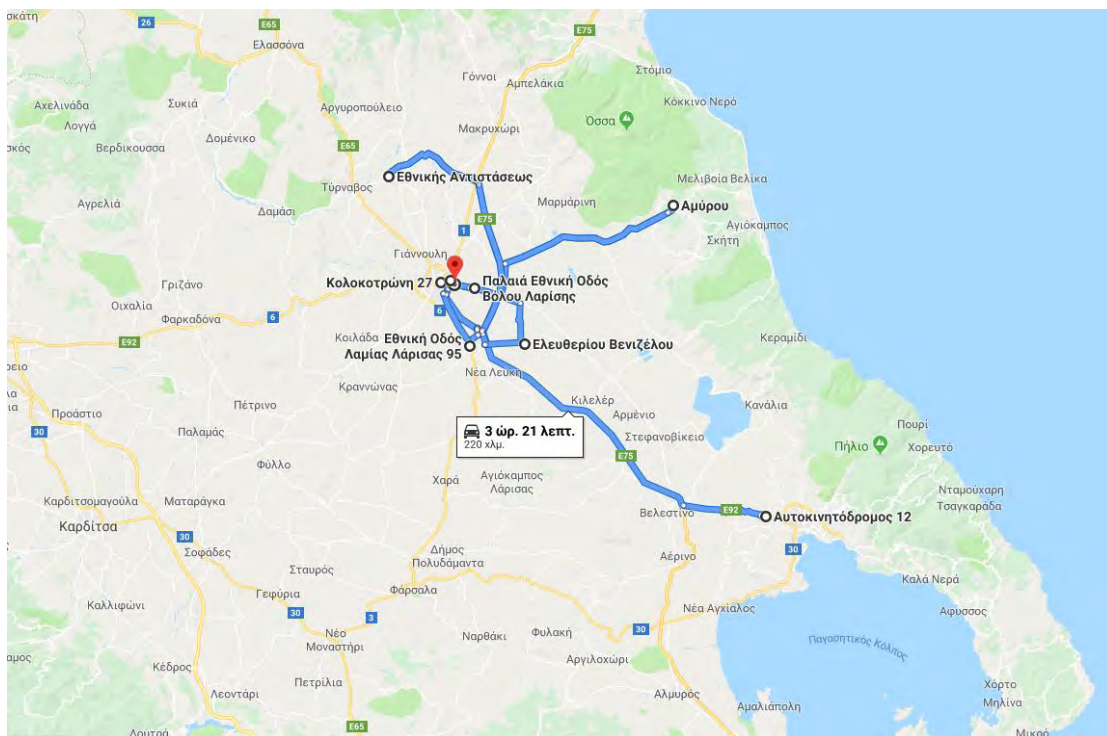
Πίνακας 20: Λίστα με τα Συνολικά Χιλιόμετρα, τον αριθμό των φορτηγών και τα συνολικά κόστη όπως προέκυψαν από τις Στατικές ζήτησεις των παραγγελιών στο διάστημα 11.3.2019 – 14.3.2019.



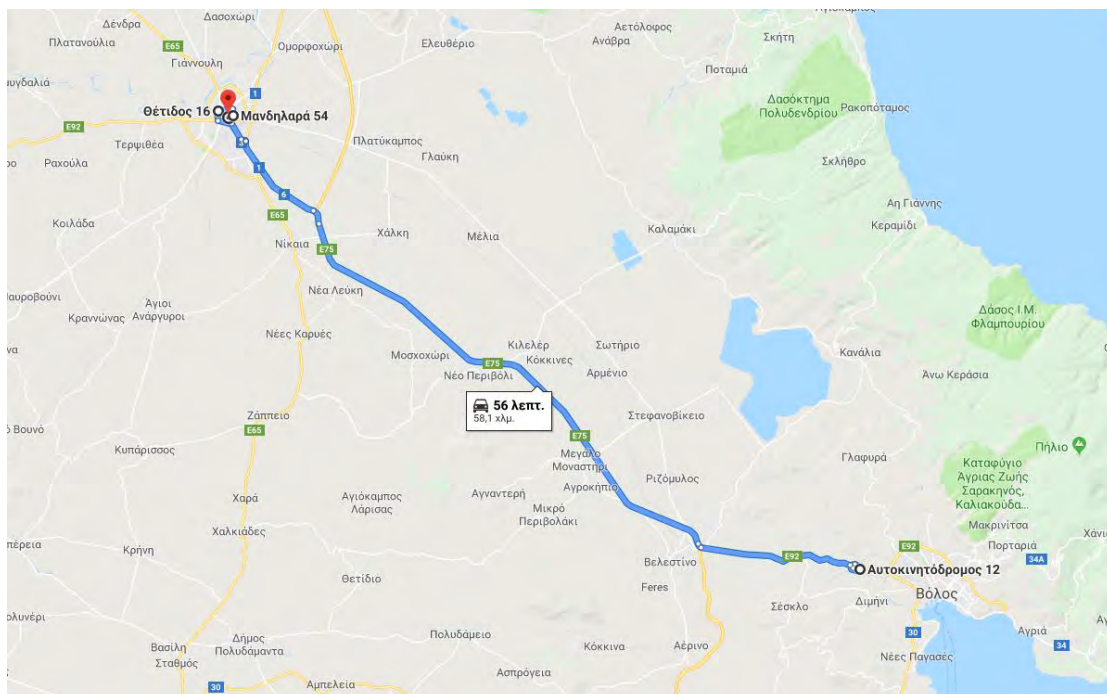
Εικόνα 14. Διάγραμμα Σύγκρισης του Συνολικού Κόστους μεταξύ On Line (On- Darp- NoOpt) αλγορίθμου και Heuristic αλγορίθμου για τις στατικές ζητήσεις.

Οπότε καταλαβαίνουμε ότι αν μπορούσαμε να μάθουμε από πιο πριν τις στάσεις, έτσι ώστε να βρούμε την βέλτιστη διαδρομή μέσω του Heuristic Αλγορίθμου για Στατικές ζήτησεις, θα είχαμε μείωση του κόστους κατά 24.1% για την περίοδο 11.3.2019 - 14.3.2019. Αυτό σημαίνει ότι θα μπορούσαμε να εξοικονομούμε ένα σημαντικό χρηματικό ποσό αφού αυτό θα ανέρχονταν στα 717.36 euro/μήνα και στα 8.608,32 euro/χρόνο.

Παρακάτω αποτυπώνουμε τις διαδρομές μέσω Google maps για τις Στατικές και On Line ζητήσεις που προέκυψαν για τις ημέρες 11.3.2019 και 13.3.2019, έτσι ώστε να αποτυπώσουμε τις διαφορές στον τρόπο που ο On Line Αλγόριθμος κατένειμε τις Στατικές ζήτησεις έτσι ώστε να μπορέσουν και οι On Line ζητήσεις να εξυπηρετηθούν, πάντα εντός χρόνου.

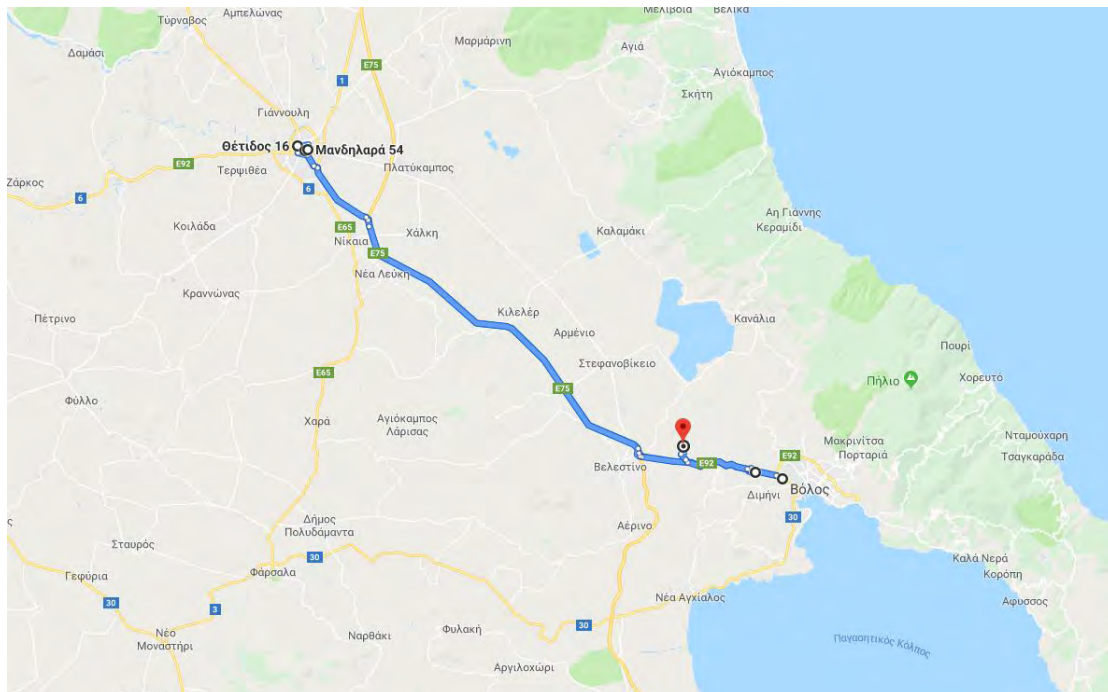


Εικόνα 15. Η διαδρομή, όπως αποτυπώνεται στο Google maps, του φορτηγού Mercedes 1, Για τις Στατικές ζητήσεις όπως προκύπτει από τον Heuristic αλγόριθμο για την Δευτέρα 11.3.2019.



Εικόνα 16. Η διαδρομή, όπως αποτυπώνεται στο Google maps, του φορτηγού Mercedes 3, Για τις Στατικές ζητήσεις όπως προκύπτει από τον Heuristic αλγόριθμο για την Δευτέρα 11.3.2019.

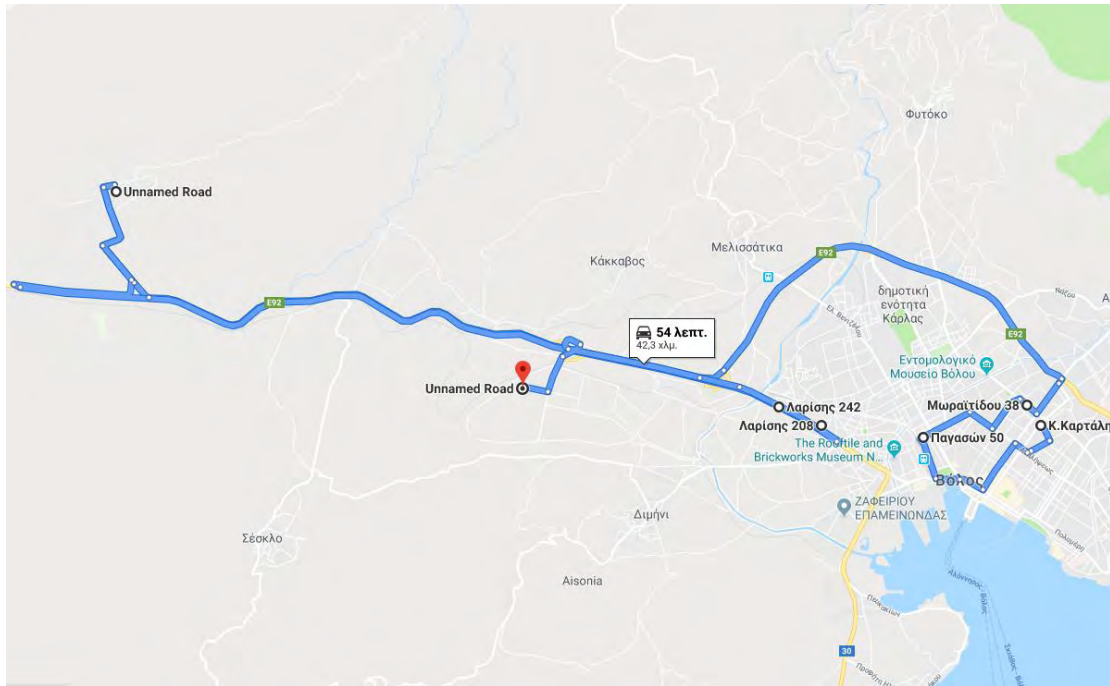
Η διαφορά στην διαδρομή μεταξύ του Heuristic Αλγορίθμου για τις Στατικές ζητήσεις και του On Line (On- Darp- NoOpt) Αλγορίθμου, παρατηρείται μόνο για το φορτηγό Mercedes 3, οπότε και αυτή η διαδρομή καταγράφεται παρακάτω:



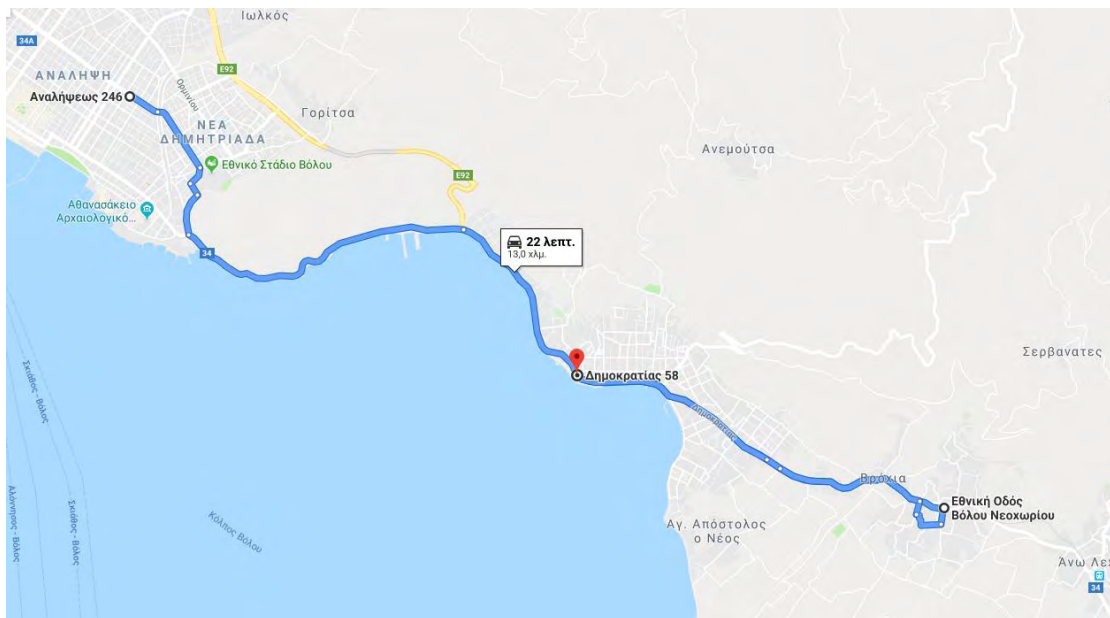
Εικόνα 17. Η διαδρομή, όπως αποτυπώνεται στο Google maps, του φορτηγού Mercedes 3, για τις On Line ζητήσεις όπως προκύπτει από τον On Line (On- Darp- NoOpt) αλγόριθμο για την Δευτέρα 11.3.2019.

Παρακάτω ακολουθείται ακριβώς η ίδια διαδικασία αποτύπωσης της διαδρομής μέσω Google maps για τις Στατικές και On Line ζητήσεις που προέκυψαν για την ημέρα 13.3.2019, έτσι ώστε να αποτυπωθεί η διαφορά στον τρόπο που ο On Line Αλγόριθμος κατένειμε τις Στατικές ζητήσεις, ώστε να μπορέσουν και οι On Line ζητήσεις να εξυπηρετηθούν, πάντα εντός χρόνου, με την διαφορά ότι οι παρακάτω εικόνες αποτελούν λεπτομέρεια της συνολικής διαδρομής προκειμένου να εστιάσουμε εκεί όπου οι δύο αλγόριθμοι παρουσιάζουν τις διαφορές τους στον τρόπο διανομής.

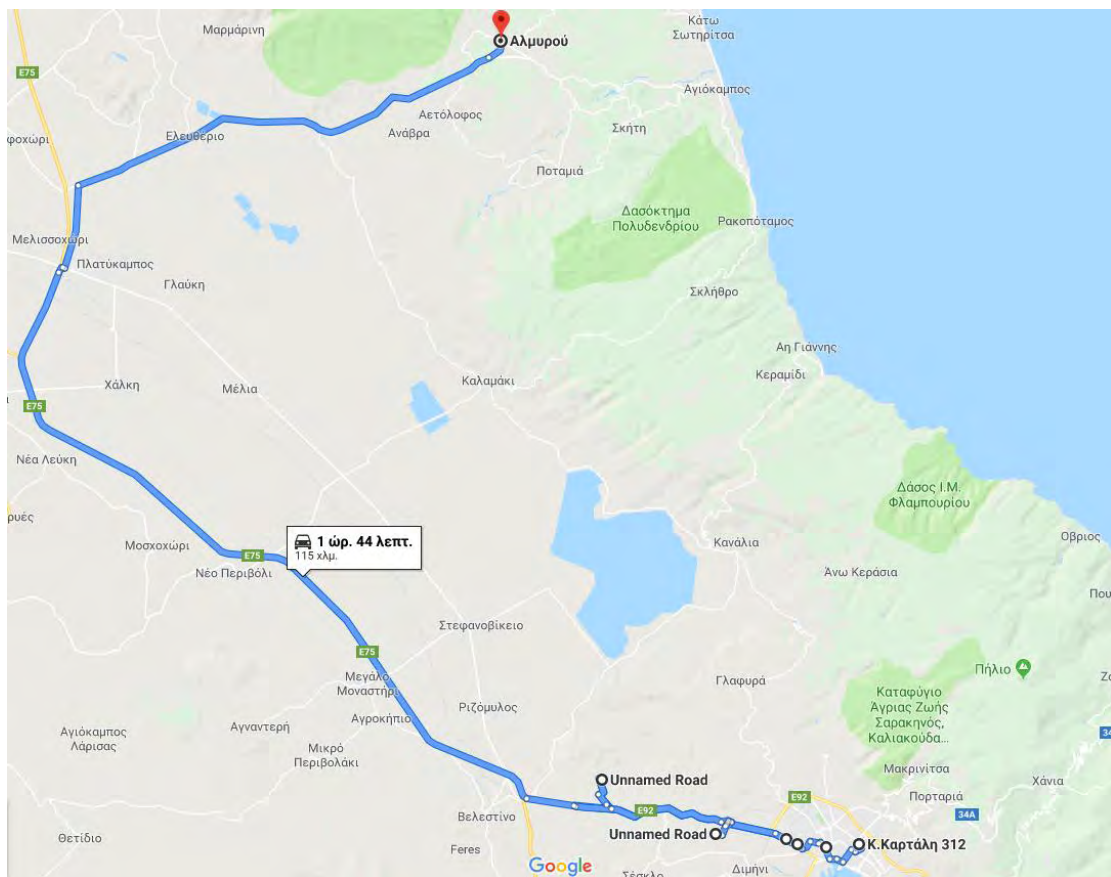




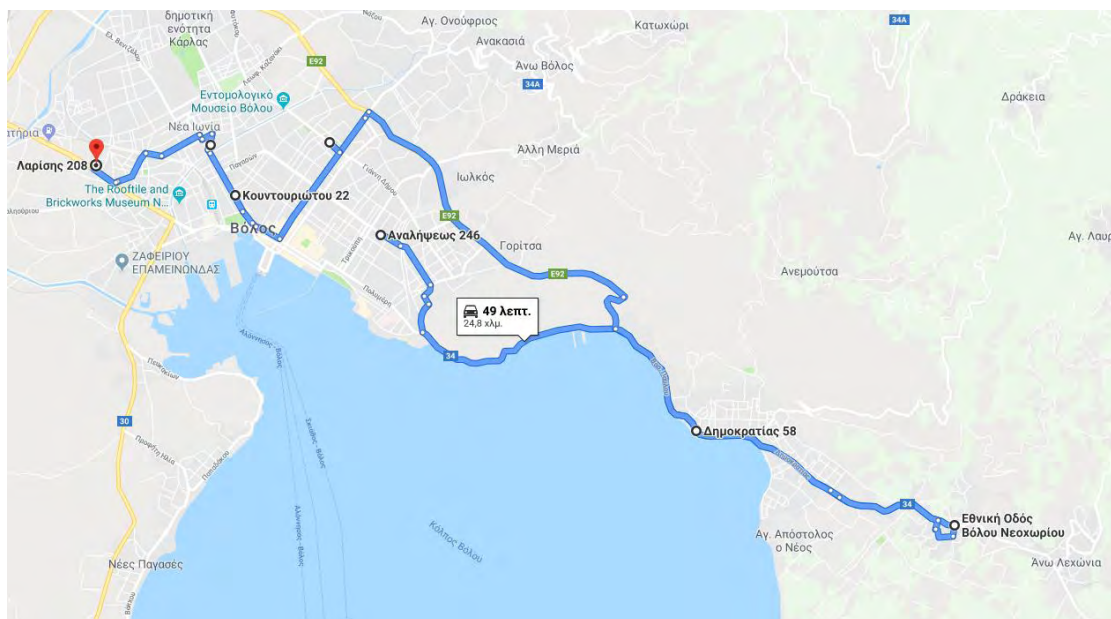
Εικόνα 18. Η διαδρομή, όπως αποτυπώνεται στο Google maps, του φορτηγού Mercedes 3, για τις Στατικές ζητήσεις όπως προκύπτει από τον Heuristic αλγόριθμο για την Δευτέρα 13.3.2019, για τους πελάτες κατά Α/Α και κατά σειρά παράδοσης , όπως ο Heuristic Αλγόριθμος τους διένειμε: 8,7,12,3,11,5,2.



Εικόνα 19. Η διαδρομή, όπως αποτυπώνεται στο Google maps, του φορτηγού Mercedes 4, για τις Στατικές ζητήσεις όπως προκύπτει από τον Heuristic αλγόριθμο για την Δευτέρα 13.3.2019, για τους πελάτες κατά Α/Α και κατά σειρά παράδοσης , όπως ο Heuristic Αλγόριθμος τους διένειμε: 15,14,13.



Εικόνα 20. Η διαδρομή, όπως αποτυπώνεται στο Google maps, του φορτηγού Mercedes 1, για τις Στατικές ζητήσεις όπως προκύπτει από τον Heuristic αλγόριθμο για την Δευτέρα 13.3.2019, για τους πελάτες κατά Α/Α και κατά σειρά παράδοσης , όπως ο On Line (On-Darp- NoOpt) Αλγόριθμος τους δίνεimme: 8,7,3,11,5,2,pel\_on4.



Εικόνα 21. Η διαδρομή, όπως αποτυπώνεται στο Google maps, του φορτηγού Mercedes 2, για τις Στατικές ζητήσεις όπως προκύπτει από τον Heuristic αλγόριθμο για την Δευτέρα

13.3.2019, για τους πελάτες κατά A/A και κατά σειρά παράδοσης , όπως ο On Line (On-Darp- NoOpt) Αλγόριθμος τους διένειμε: 15,14,13,12, pel\_on2, pel\_on1,pel\_on3.

## 4.7 Συμπεράσματα

- Βελτιώσαμε το κόστος δρομολόγησης των οχημάτων της Εταιρείας Κρυστάλ, για τις Στατικές ζητήσεις του μήνα Μάρτη του 2019 (με βάση τα χιλιόμετρα) κατά 15.55%, δηλαδή κατά 155.83 euro/μήνα και 1870 euro/χρόνο.
- Βελτιώσαμε το κόστος δρομολόγησης των επιπλέον ζητήσεων που παραγγέλλονται κατά την διάρκεια που συμβαίνει ήδη η διανομή, μέσω του On Line Heuristic Αλγορίθμου, για την περίοδο 11.3.2019 – 14.3.2019 (με βάση τα χιλιόμετρα) κατά 5.1%, δηλαδή κατά 159.22 euro/μήνα και 1910.7 euro/χρόνο.
- Συμπεράναμε ότι εάν γνωρίζουμε από πριν τις στάσεις και δημιουργήσουμε το δίκτυο παράδοσης σας ένα Στατικό δίκτυο παράδοσης, μέσω του Heuristic αλγορίθμου και αποφύγουμε τον σχηματισμό του δικτύου μέσω του On Line (On- Darp- NoOpt) Αλγορίθμου έχουμε μείωση του κόστους (με βάση τα χιλιόμετρα) κατά 24.1%/βδομάδα.



## APPENDIX

### 4.5 Κεφάλαιο

1.3.2019

DEMAND\_ALOCATED:

START\_DEMANDS\_SESSION

DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:1311

DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:4859

DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10027

DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9151

DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:106746

DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:97866

DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:97866

END\_DEMANDS\_SESSION

START\_ROUTE\_SESSION

ROUTE\_ID:1

VEHICLE\_DESCR:mercedes3

ROUTE\_DISTANCE:240610

ROUTE\_TIME:424

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:428582

AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:3.16161

ROUTE\_SLOPE:15038.1

VEHICLE\_COST:240610

VEHICLE\_CHARGING\_COST:240610

START\_SCHEDULE\_SESSION

mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1

mercedes3 pel7 1 1 420 420 60 30 1

mercedes3 pel6 2 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel5 3 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel4 4 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel3 5 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel2 6 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel1 7 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel1 8 -1 423 453 0 -20 2

mercedes3 pel3 9 -1 466 486 0 -30 4

mercedes3 pel2 10 -1 497 517 0 -20 3

mercedes3 pel4 11 -1 529 549 0 -30 5

mercedes3 pel7 12 -1 623 643 0 -30 7

mercedes3 pel6 13 -1 643 663 0 -30 7

mercedes3 pel5 14 -1 681 701 0 -30 6

mercedes3 EDEPOT 15 -20000 784 784 0 0 1

END\_SCHEDULE\_SESSION

END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:7  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:1  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:240610  
 TOTAL\_TIME:424  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:428582  
 AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:3.16161  
 TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:327826  
 TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:428582  
 TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:268  
 TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:1072  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:114.857  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:14393.7  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:30  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:300  
 TOTAL\_VEHICLE\_COST:240610  
 TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:327826  
 PROFIT:87216  
 END\_STATISTICS\_SESSION  
 TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.062

2.3.2019

DEMAND\_ALLOCATED:  
 START\_DEMANDS\_SESSION  
 DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:18826  
 DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:5968  
 DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:7333  
 DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10030  
 DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:7485  
 DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8616  
 DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:11103  
 DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8638  
 DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:11211  
 DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:4441  
 DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6677  
 DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6677  
 END\_DEMANDS\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:1  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes3

ROUTE\_DISTANCE:58224  
 ROUTE\_TIME:435  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:270817  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:5.44871  
 ROUTE\_SLOPE:2239.38  
 VEHICLE\_COST:58224  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:58224  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes3 pel12 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes3 pel11 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel10 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel9 4 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel8 5 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel7 6 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel6 7 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel5 8 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel4 9 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel3 10 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel2 11 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel1 12 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel2 13 -1 429 449 0 -20 3  
 mercedes3 pel12 14 -1 456 476 0 -30 12  
 mercedes3 pel11 15 -1 476 496 0 -30 12  
 mercedes3 pel4 16 -1 502 522 0 -20 5  
 mercedes3 pel9 17 -1 533 553 0 -20 10  
 mercedes3 pel5 18 -1 566 586 0 -20 6  
 mercedes3 pel7 19 -1 593 613 0 -20 8  
 mercedes3 pel1 20 -1 626 656 0 -20 2  
 mercedes3 pel6 21 -1 672 692 0 -20 7  
 mercedes3 pel3 22 -1 699 719 0 -20 4  
 mercedes3 pel10 23 -1 732 752 0 -30 11  
 mercedes3 pel8 24 -1 764 784 0 -20 9  
 mercedes3 EDEPOT 25 -20000 795 795 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:12  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:1  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:58224  
 TOTAL\_TIME:435

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:270817  
AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:5.44871  
TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:107005  
TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:270817  
TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:168  
TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:2258  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:174.167  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:13651  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:153  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:1244  
TOTAL\_VEHICLE\_COST:58224  
TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:107005  
PROFIT:48781  
END\_STATISTICS\_SESSION  
TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.546

#### 4.3.2019

DEMAND\_NOT\_ALOCATED:

START\_DEMANDS\_SESSION

DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55980  
DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53375  
DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55229  
DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53785  
DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55926  
DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:77550  
DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54941  
DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53943  
DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:78426  
DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54239  
DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55286  
DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54487  
DEMAND:pel13

ID:13 NOT\_ALLOCATED:Time Window Violation

DEMAND:pel14

ID:14 NOT\_ALLOCATED:Time Window Violation

END\_DEMANDS\_SESSION

START\_ROUTE\_SESSION

ROUTE\_ID:1

VEHICLE\_DESCR:mercedes1

ROUTE\_DISTANCE:202698

ROUTE\_TIME:526

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.1306e+06

AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:8.18199

ROUTE\_SLOPE:7796.08

VEHICLE\_COST:202698

VEHICLE\_CHARGING\_COST:202698  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes1 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes1 pel12 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes1 pel11 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel10 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel9 4 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel8 5 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel7 6 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel6 7 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel5 8 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel4 9 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel3 10 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel2 11 1 420 420 0 200 1  
 mercedes1 pel1 12 1 420 420 0 100 1  
 mercedes1 pel7 13 -1 459 479 0 -30 8  
 mercedes1 pel3 14 -1 489 509 0 -30 4  
 mercedes1 pel11 15 -1 518 538 0 -30 12  
 mercedes1 pel9 16 -1 558 578 0 -30 10  
 mercedes1 pel1 17 -1 599 629 0 -100 2  
 mercedes1 pel12 18 -1 639 659 0 -30 13  
 mercedes1 pel10 19 -1 663 683 0 -30 11  
 mercedes1 pel8 20 -1 690 710 0 -30 9  
 mercedes1 pel4 21 -1 713 733 0 -30 5  
 mercedes1 pel5 22 -1 735 755 0 -30 6  
 mercedes1 pel2 23 -1 760 780 0 -200 3  
 mercedes1 pel6 24 -1 808 828 0 -30 7  
 mercedes1 EDEPOT 25 -20000 886 886 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:12  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:2  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:1  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:202698  
 TOTAL\_TIME:526  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.1306e+06  
 AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:8.18199  
 TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:703167  
 TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:1.1306e+06  
 TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:520  
 TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:2841

AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:193.417  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:35619.8  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:60  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:446  
TOTAL\_VEHICLE\_COST:202698  
TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:703167  
PROFIT:500469  
END\_STATISTICS\_SESSION  
TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.561

5.3.2019

DEMAND\_ALLOCATED:

START\_DEMANDS\_SESSION

DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8163  
DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:11121  
DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6370  
DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6603  
DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:7485  
DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8616  
DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10119  
DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10931  
DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:65703  
DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:97866  
DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:90741  
DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:106746  
DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:108363  
DEMAND:pel14 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:114757  
DEMAND:pel15 ID:15 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:117163  
DEMAND:pel16 ID:16 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:114360  
DEMAND:pel17 ID:17 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:87502  
DEMAND:pel18 ID:18 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:135259  
DEMAND:pel19 ID:19 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:135259

END\_DEMANDS\_SESSION

START\_ROUTE\_SESSION

ROUTE\_ID:1

VEHICLE\_DESCR:mercedes3

ROUTE\_DISTANCE:225172

ROUTE\_TIME:529

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:419189

AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:3.12294

ROUTE\_SLOPE:9382.17

VEHICLE\_COST:225172

VEHICLE\_CHARGING\_COST:225172

START\_SCHEDULE\_SESSION

mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1

```

mercedes3 pel11 1 1 420 420 60 30 1
mercedes3 pel10 2 1 420 420 0 30 1
mercedes3 pel9 3 1 420 420 0 30 1
mercedes3 pel8 4 1 420 420 0 30 1
mercedes3 pel7 5 1 420 420 0 30 1
mercedes3 pel6 6 1 420 420 0 30 1
mercedes3 pel5 7 1 420 420 0 20 1
mercedes3 pel4 8 1 420 420 0 20 1
mercedes3 pel3 9 1 420 420 0 20 1
mercedes3 pel2 10 1 420 420 0 20 1
mercedes3 pel1 11 1 420 420 0 20 1
mercedes3 pel4 12 -1 432 452 0 -20 5
mercedes3 pel5 13 -1 457 477 0 -20 6
mercedes3 pel1 14 -1 483 513 0 -20 2
mercedes3 pel7 15 -1 521 541 0 -30 8
mercedes3 pel8 16 -1 545 565 0 -30 9
mercedes3 pel2 17 -1 568 588 0 -20 3
mercedes3 pel6 18 -1 592 612 0 -30 7
mercedes3 pel3 19 -1 626 646 0 -20 4
mercedes3 pel9 20 -1 699 719 0 -30 10
mercedes3 pel10 21 -1 747 767 0 -30 11
mercedes3 pel11 22 -1 791 811 0 -30 12
mercedes3 EDEPOT 23 -20000 889 889 0 0 1
END_SCHEDULE_SESSION
END_ROUTE_SESSION
START_ROUTE_SESSION
ROUTE_ID:2
VEHICLE_DESCR:mercedes4
ROUTE_DISTANCE:294220
ROUTE_TIME:475
TOTAL_PASSENGERS_DISTANCE:1.18612e+06
AVERAGE_PASSENGERS_PER_DISTANCE_UNIT:6.2702
ROUTE_SLOPE:16345.6
VEHICLE_COST:294220
VEHICLE_CHARGING_COST:294220
START_SCHEDULE_SESSION
mercedes4 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1
mercedes4 pel19 1 1 420 420 60 30 1
mercedes4 pel18 2 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel17 3 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel16 4 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel15 5 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel14 6 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel13 7 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel12 8 1 420 420 0 30 1

```

```

mercedes4 pel17 9 -1 482 502 0 -30 18
mercedes4 pel14 10 -1 527 547 0 -30 15
mercedes4 pel19 11 -1 570 590 0 -30 19
mercedes4 pel18 12 -1 590 610 0 -30 19
mercedes4 pel15 13 -1 632 652 0 -30 16
mercedes4 pel16 14 -1 665 685 0 -30 17
mercedes4 pel13 15 -1 704 724 0 -30 14
mercedes4 pel12 16 -1 732 752 0 -30 13
mercedes4 EDEPOT 17 -20000 835 835 0 0 1
END_SCHEDULE_SESSION
END_ROUTE_SESSION
START_STATISTICS_SESSION
ALLOCATED_DEMANDS_NUMBER:19
NOT_ALLOC_DEM_NUM:0
PERCENTAGE_OF_NON_ALLOCATED:0
ALLOCATED_ROUTES_NUMBER:2
NOT_ALLOC_ROUTE_NUM:0
PERCENTAGE_OF_ALLOCATED_ROUTES:100
TOTAL_DISTANCE_UNITS:519392
TOTAL_TIME:1004
TOTAL_PASSENGERS_DISTANCE:1.60531e+06
AVGERAGE_PASSENGERS_DISTANCE:4.9639
TOTAL_DEMANDS_SP_DISTANCE:1.24313e+06
TOTAL_DEMANDS_REAL_DISTANCE:1.60531e+06
TOTAL_DEMAND_SP_TIME:995
TOTAL_DEMAND_REAL_TIME:3773
AVERAGE_TIME_DEVIATION:146.211
AVERAGE_DISTANCE_DEVIATION:19062.3
AVERAGE_DISTANCE_DEVIATION_PERCENTAGE:29
AVERAGE_TIME_DEVIATION_PERCENTAGE:279
TOTAL_VEHICLE_COST:519392
TOTAL_TRIP_CHARGING_COST:1.24313e+06
PROFIT:723735
END_STATISTICS_SESSION
TOTAL_EXECUTION_TIME:0.733

```

6.3.2019

```

DEMAND_ALOCATED:
START_DEMANDS_SESSION
DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:1311
DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:9151
DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:7104
DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED_ON_ROUTES:2 CHARGING_COST:13697
DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED_ON_ROUTES:2 CHARGING_COST:8956
DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED_ON_ROUTES:2 CHARGING_COST:6677

```



DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:10056  
 DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:11357  
 DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:7333  
 DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:3548  
 DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:9826  
 DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:8638  
 DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:18826  
 DEMAND:pel14 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:18826  
 END\_DEMANDS\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:1  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes3  
 ROUTE\_DISTANCE:36110  
 ROUTE\_TIME:178  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:32927  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:1.43811  
 ROUTE\_SLOPE:4513.75  
 VEHICLE\_COST:36110  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:36110  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes3 pel3 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes3 pel2 2 1 420 420 0 200 1  
 mercedes3 pel1 3 1 420 420 0 100 1  
 mercedes3 pel1 4 -1 423 453 0 -100 2  
 mercedes3 pel3 5 -1 466 486 0 -30 4  
 mercedes3 pel2 6 -1 504 524 0 -200 3  
 mercedes3 EDEPOT 7 -20000 538 538 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:2  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes4  
 ROUTE\_DISTANCE:74633  
 ROUTE\_TIME:398  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:296241  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:4.4809  
 ROUTE\_SLOPE:3109.71  
 VEHICLE\_COST:74633  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:74633  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes4 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes4 pel14 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes4 pel13 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes4 pel12 3 1 420 420 0 30 1

```

mercedes4 pel11 4 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel10 5 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel9 6 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel8 7 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel7 8 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel6 9 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel5 10 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel4 11 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel10 12 -1 425 445 0 -30 11
mercedes4 pel6 13 -1 452 472 0 -30 7
mercedes4 pel8 14 -1 481 501 0 -30 9
mercedes4 pel14 15 -1 516 536 0 -30 14
mercedes4 pel13 16 -1 536 556 0 -30 14
mercedes4 pel9 17 -1 577 597 0 -30 10
mercedes4 pel7 18 -1 601 621 0 -30 8
mercedes4 pel11 19 -1 624 644 0 -30 12
mercedes4 pel5 20 -1 651 671 0 -30 6
mercedes4 pel4 21 -1 692 712 0 -30 5
mercedes4 pel12 22 -1 727 747 0 -30 13
mercedes4 EDEPOT 23 -20000 758 758 0 0 1
END_SCHEDULE_SESSION
END_ROUTE_SESSION
START_STATISTICS_SESSION
ALLOCATED_DEMANDS_NUMBER:14
NOT_ALLOC_DEM_NUM:0
PERCENTAGE_OF_NON_ALLOCATED:0
ALLOCATED_ROUTES_NUMBER:2
NOT_ALLOC_ROUTE_NUM:0
PERCENTAGE_OF_ALLOCATED_ROUTES:100
TOTAL_DISTANCE_UNITS:110743
TOTAL_TIME:576
TOTAL_PASSENGERS_DISTANCE:329168
AVGERAGE_PASSENGERS_DISTANCE:3.69818
TOTAL_DEMANDS_SP_DISTANCE:135306
TOTAL_DEMANDS_REAL_DISTANCE:329168
TOTAL_DEMAND_SP_TIME:185
TOTAL_DEMAND_REAL_TIME:2085
AVERAGE_TIME_DEVIATION:135.714
AVERAGE_DISTANCE_DEVIATION:13847.3
AVERAGE_DISTANCE_DEVIATION_PERCENTAGE:143
AVERAGE_TIME_DEVIATION_PERCENTAGE:1027
TOTAL_VEHICLE_COST:110743
TOTAL_TRIP_CHARGING_COST:135306
PROFIT:24563
END_STATISTICS_SESSION

```

TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.39

7.3.2019

DEMAND\_ALOCATED:

START\_DEMANDS\_SESSION

DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:52908

DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54941

DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55989

DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:78426

DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:51371

DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:114757

DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:118722

DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:118722

END\_DEMANDS\_SESSION

START\_ROUTE\_SESSION

ROUTE\_ID:1

VEHICLE\_DESCR:mercedes3

ROUTE\_DISTANCE:260909

ROUTE\_TIME:464

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.22214e+06

AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:5.7088

ROUTE\_SLOPE:14494.9

VEHICLE\_COST:260909

VEHICLE\_CHARGING\_COST:260909

START\_SCHEDULE\_SESSION

mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1

mercedes3 pel8 1 1 420 420 60 30 1

mercedes3 pel7 2 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel6 3 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel5 4 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel4 5 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel3 6 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel2 7 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel1 8 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel1 9 -1 458 488 0 -20 2

mercedes3 pel6 10 -1 539 559 0 -30 7

mercedes3 pel8 11 -1 570 590 0 -30 8

mercedes3 pel7 12 -1 590 610 0 -30 8

mercedes3 pel4 13 -1 669 689 0 -30 5

mercedes3 pel3 14 -1 711 731 0 -30 4

mercedes3 pel5 15 -1 741 761 0 -30 6

mercedes3 pel2 16 -1 766 786 0 -20 3

mercedes3 EDEPOT 17 -20000 824 824 0 0 1

END\_SCHEDULE\_SESSION

END\_ROUTE\_SESSION

START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:8  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:1  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:260909  
 TOTAL\_TIME:464  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.22214e+06  
 AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:5.7088  
 TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:645836  
 TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:1.22214e+06  
 TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:471  
 TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:1854  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:172.875  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:72038.6  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:89  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:293  
 TOTAL\_VEHICLE\_COST:260909  
 TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:645836  
 PROFIT:384927  
 END\_STATISTICS\_SESSION  
 TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.125

8.3.2019

DEMAND\_ALOCATED:  
 START\_DEMANDS\_SESSION  
 DEMAND:pe1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:7333  
 DEMAND:pe2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9826  
 DEMAND:pe3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:4441  
 DEMAND:pe4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9151  
 DEMAND:pe5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55926  
 DEMAND:pe6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55229  
 DEMAND:pe7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55229  
 END\_DEMANDS\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:1  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes3  
 ROUTE\_DISTANCE:134959  
 ROUTE\_TIME:356  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:569464  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:4.36347  
 ROUTE\_SLOPE:8434.94  
 VEHICLE\_COST:134959

VEHICLE\_CHARGING\_COST:134959  
START\_SCHEDULE\_SESSION  
mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
mercedes3 pel7 1 1 420 420 60 30 1  
mercedes3 pel6 2 1 420 420 0 30 1  
mercedes3 pel5 3 1 420 420 0 30 1  
mercedes3 pel4 4 1 420 420 0 30 1  
mercedes3 pel3 5 1 420 420 0 30 1  
mercedes3 pel2 6 1 420 420 0 20 1  
mercedes3 pel1 7 1 420 420 0 20 1  
mercedes3 pel4 8 -1 431 451 0 -30 5  
mercedes3 pel7 9 -1 487 507 0 -30 7  
mercedes3 pel6 10 -1 507 527 0 -30 7  
mercedes3 pel5 11 -1 541 561 0 -30 6  
mercedes3 pel1 12 -1 616 646 0 -20 2  
mercedes3 pel2 13 -1 652 672 0 -20 3  
mercedes3 pel3 14 -1 687 707 0 -30 4  
mercedes3 EDEPOT 15 -20000 716 716 0 0 1  
END\_SCHEDULE\_SESSION  
END\_ROUTE\_SESSION  
START\_STATISTICS\_SESSION  
ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:7  
NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:1  
NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:134959  
TOTAL\_TIME:356  
TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:569464  
AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:4.36347  
TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:197135  
TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:569464  
TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:166  
TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:1131  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:137.857  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:53189.9  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:188  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:581  
TOTAL\_VEHICLE\_COST:134959  
TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:197135  
PROFIT:62176  
END\_STATISTICS\_SESSION  
TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.078

9.3.2019

DEMAND\_ALOCATED:

START\_DEMANDS\_SESSION

DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:18826

DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:5968

DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:7333

DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:1311

DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9151

DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:5799

DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9455

DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9621

DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:11211

DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:4441

DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6677

DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:4916

DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:5922

DEMAND:pel14 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:5922

END\_DEMANDS\_SESSION

START\_ROUTE\_SESSION

ROUTE\_ID:1

VEHICLE\_DESCR:mercedes3

ROUTE\_DISTANCE:68234

ROUTE\_TIME:482

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:327957

AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:5.96069

ROUTE\_SLOPE:2274.47

VEHICLE\_COST:68234

VEHICLE\_CHARGING\_COST:68234

START\_SCHEDULE\_SESSION

mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1

mercedes3 pel14 1 1 420 420 60 20 1

mercedes3 pel13 2 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel12 3 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel11 4 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel10 5 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel9 6 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel8 7 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel7 8 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel6 9 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel5 10 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel4 11 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel3 12 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel2 13 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel1 14 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel4 15 -1 423 443 0 -20 5

```

mercedes3 pel10 16 -1 451 471 0 -20 11
mercedes3 pel12 17 -1 477 497 0 -20 13
mercedes3 pel2 18 -1 505 525 0 -20 3
mercedes3 pel6 19 -1 529 549 0 -20 7
mercedes3 pel8 20 -1 556 576 0 -20 9
mercedes3 pel7 21 -1 580 600 0 -20 8
mercedes3 pel9 22 -1 608 628 0 -20 10
mercedes3 pel1 23 -1 649 679 0 -20 2
mercedes3 pel3 24 -1 700 720 0 -20 4
mercedes3 pel14 25 -1 728 748 0 -20 14
mercedes3 pel13 26 -1 748 768 0 -20 14
mercedes3 pel11 27 -1 770 790 0 -20 12
mercedes3 pel5 28 -1 808 828 0 -20 6
mercedes3 EDEPOT 29 -20000 842 842 0 0 1
END_SCHEDULE_SESSION
END_ROUTE_SESSION
START_STATISTICS_SESSION
ALLOCATED_DEMANDS_NUMBER:14
NOT_ALLOC_DEM_NUM:0
PERCENTAGE_OF_NON_ALLOCATED:0
ALLOCATED_ROUTES_NUMBER:1
NOT_ALLOC_ROUTE_NUM:0
PERCENTAGE_OF_ALLOCATED_ROUTES:100
TOTAL_DISTANCE_UNITS:68234
TOTAL_TIME:482
TOTAL_PASSENGERS_DISTANCE:327957
AVGERAGE_PASSENGERS_DISTANCE:5.96069
TOTAL_DEMANDS_SP_DISTANCE:106553
TOTAL_DEMANDS_REAL_DISTANCE:327957
TOTAL_DEMAND_SP_TIME:157
TOTAL_DEMAND_REAL_TIME:2942
AVERAGE_TIME_DEVIATION:198.929
AVERAGE_DISTANCE_DEVIATION:15814.6
AVERAGE_DISTANCE_DEVIATION_PERCENTAGE:207
AVERAGE_TIME_DEVIATION_PERCENTAGE:1773
TOTAL_VEHICLE_COST:68234
TOTAL_TRIP_CHARGING_COST:106553
PROFIT:38319
END_STATISTICS_SESSION
TOTAL_EXECUTION_TIME:0.608

11.3.2019
DEMAND_ALOCATED:
START_DEMANDS_SESSION
DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:55980

```

DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53375  
 DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55229  
 DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53785  
 DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:51371  
 DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55926  
 DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:77550  
 DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54941  
 DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53943  
 DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:78426  
 DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54239  
 DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55286  
 DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54487  
 DEMAND:pel14 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54588  
 DEMAND:pel15 ID:15 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54588  
 END\_DEMANDS\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:1  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes1  
 ROUTE\_DISTANCE:202584  
 ROUTE\_TIME:523  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.09404e+06  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:7.92394  
 ROUTE\_SLOPE:7791.69  
 VEHICLE\_COST:202584  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:202584  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes1 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes1 pel12 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes1 pel11 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel10 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel9 4 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel8 5 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel7 6 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel6 7 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel5 8 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel4 9 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel3 10 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel2 11 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel1 12 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel8 13 -1 459 479 0 -30 9  
 mercedes1 pel5 14 -1 487 507 0 -30 6  
 mercedes1 pel3 15 -1 513 533 0 -30 4  
 mercedes1 pel12 16 -1 542 562 0 -30 13  
 mercedes1 pel10 17 -1 582 602 0 -30 11  
 mercedes1 pel1 18 -1 623 653 0 -20 2



mercedes1 pel11 19 -1 660 680 0 -30 12  
 mercedes1 pel9 20 -1 687 707 0 -30 10  
 mercedes1 pel4 21 -1 710 730 0 -30 5  
 mercedes1 pel6 22 -1 732 752 0 -30 7  
 mercedes1 pel2 23 -1 757 777 0 -20 3  
 mercedes1 pel7 24 -1 805 825 0 -30 8  
 mercedes1 EDEPOT 25 -20000 883 883 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:2  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes3  
 ROUTE\_DISTANCE:110363  
 ROUTE\_TIME:217  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:164829  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:2.9876  
 ROUTE\_SLOPE:13795.4  
 VEHICLE\_COST:110363  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:110363  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes3 pel15 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes3 pel14 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel13 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel13 4 -1 463 483 0 -30 14  
 mercedes3 pel15 5 -1 487 507 0 -30 15  
 mercedes3 pel14 6 -1 507 527 0 -30 15  
 mercedes3 EDEPOT 7 -20000 577 577 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:15  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:2  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:312947  
 TOTAL\_TIME:740  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.25887e+06  
 AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:6.51459  
 TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:863714  
 TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:1.25887e+06  
 TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:648  
 TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:3024

AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:158.4  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:26343.9  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:45  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:366  
TOTAL\_VEHICLE\_COST:312947  
TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:863714  
PROFIT:550767  
END\_STATISTICS\_SESSION  
TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.827

12.3.2019

DEMAND\_ALLOCATED:  
START\_DEMANDS\_SESSION  
DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8163  
DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:11121  
DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6370  
DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6603  
DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:7485  
DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8616  
DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10931  
DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:65703  
DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:97866  
DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:90741  
DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:106746  
DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:108363  
DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:114757  
DEMAND:pel14 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:117163  
DEMAND:pel15 ID:15 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:114360  
DEMAND:pel16 ID:16 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:114360  
END\_DEMANDS\_SESSION  
START\_ROUTE\_SESSION  
ROUTE\_ID:1  
VEHICLE\_DESCR:mercedes3  
ROUTE\_DISTANCE:237082  
ROUTE\_TIME:537  
TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:534248  
AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:3.65575  
ROUTE\_SLOPE:9878.42  
VEHICLE\_COST:237082  
VEHICLE\_CHARGING\_COST:237082  
START\_SCHEDULE\_SESSION  
mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
mercedes3 pel11 1 1 420 420 60 20 1  
mercedes3 pel10 2 1 420 420 0 20 1  
mercedes3 pel9 3 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel8 4 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel7 5 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel6 6 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel5 7 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel4 8 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel3 9 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel2 10 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel1 11 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel4 12 -1 432 452 0 -20 5  
 mercedes3 pel5 13 -1 457 477 0 -20 6  
 mercedes3 pel1 14 -1 483 513 0 -20 2  
 mercedes3 pel7 15 -1 519 539 0 -20 8  
 mercedes3 pel2 16 -1 542 562 0 -20 3  
 mercedes3 pel6 17 -1 566 586 0 -20 7  
 mercedes3 pel3 18 -1 600 620 0 -20 4  
 mercedes3 pel8 19 -1 625 645 0 -20 9  
 mercedes3 pel10 20 -1 721 741 0 -20 10  
 mercedes3 pel11 21 -1 759 779 0 -20 12  
 mercedes3 pel9 22 -1 799 819 0 -20 11  
 mercedes3 EDEPOT 23 -20000 897 897 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:2  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes4  
 ROUTE\_DISTANCE:251033  
 ROUTE\_TIME:369  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:622233  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:4.3334  
 ROUTE\_SLOPE:20919.4  
 VEHICLE\_COST:251033  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:251033  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes4 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes4 pel16 1 1 420 420 60 20 1  
 mercedes4 pel15 2 1 420 420 0 20 1  
 mercedes4 pel14 3 1 420 420 0 20 1  
 mercedes4 pel13 4 1 420 420 0 20 1  
 mercedes4 pel12 5 1 420 420 0 20 1  
 mercedes4 pel13 6 -1 501 521 0 -20 14  
 mercedes4 pel14 7 -1 527 547 0 -20 15  
 mercedes4 pel16 8 -1 560 580 0 -20 16  
 mercedes4 pel15 9 -1 580 600 0 -20 16  
 mercedes4 pel12 10 -1 619 639 0 -20 13  
 mercedes4 EDEPOT 11 -20000 729 729 0 0 1

END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:16  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:2  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:488115  
 TOTAL\_TIME:906  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.15648e+06  
 AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:3.9916  
 TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:989348  
 TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:1.15648e+06  
 TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:799  
 TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:2948  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:134.312  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:10445.8  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:16  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:268  
 TOTAL\_VEHICLE\_COST:488115  
 TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:989348  
 PROFIT:501233  
 END\_STATISTICS\_SESSION  
 TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.655

13.3.2019

DEMAND\_ALOCATED:

START\_DEMANDS\_SESSION

DEMAND:pe1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:1311  
 DEMAND:pe2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9151  
 DEMAND:pe3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:11103  
 DEMAND:pe4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:4859  
 DEMAND:pe5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8956  
 DEMAND:pe6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6677  
 DEMAND:pe7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10056  
 DEMAND:pe8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10027  
 DEMAND:pe9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:7333  
 DEMAND:pe10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:3548  
 DEMAND:pe11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9826  
 DEMAND:pe12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:15375  
 DEMAND:pe13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:18826  
 DEMAND:pe14 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:11121  
 DEMAND:pe15 ID:15 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:22447

DEMAND:pel16 ID:16 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:22447  
 END\_DEMANDS\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:1  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes3  
 ROUTE\_DISTANCE:57968  
 ROUTE\_TIME:410  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:205280  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:4.58685  
 ROUTE\_SLOPE:2229.54  
 VEHICLE\_COST:57968  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:57968  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes3 pel12 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes3 pel11 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel10 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel9 4 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel8 5 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel7 6 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel6 7 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel5 8 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel4 9 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel3 10 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel2 11 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel1 12 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel1 13 -1 423 453 0 -20 2  
 mercedes3 pel10 14 -1 458 478 0 -30 11  
 mercedes3 pel4 15 -1 480 500 0 -30 5  
 mercedes3 pel6 16 -1 508 528 0 -30 7  
 mercedes3 pel9 17 -1 537 557 0 -30 10  
 mercedes3 pel8 18 -1 563 583 0 -30 9  
 mercedes3 pel7 19 -1 587 607 0 -30 8  
 mercedes3 pel12 20 -1 617 637 0 -30 13  
 mercedes3 pel3 21 -1 645 665 0 -30 4  
 mercedes3 pel11 22 -1 672 692 0 -30 12  
 mercedes3 pel5 23 -1 699 719 0 -30 6  
 mercedes3 pel2 24 -1 736 756 0 -20 3  
 mercedes3 EDEPOT 25 -20000 770 770 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:2  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes4  
 ROUTE\_DISTANCE:71211

ROUTE\_TIME:232  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:139312  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:2.6888  
 ROUTE\_SLOPE:7121.1  
 VEHICLE\_COST:71211  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:71211  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes4 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes4 pel16 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes4 pel15 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes4 pel14 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes4 pel13 4 1 420 420 0 30 1  
 mercedes4 pel16 5 -1 445 465 0 -30 16  
 mercedes4 pel15 6 -1 465 485 0 -30 16  
 mercedes4 pel14 7 -1 512 532 0 -30 15  
 mercedes4 pel13 8 -1 547 567 0 -30 14  
 mercedes4 EDEPOT 9 -20000 592 592 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:16  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:2  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:129179  
 TOTAL\_TIME:642  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:344592  
 AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:3.56846  
 TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:173063  
 TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:344592  
 TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:222  
 TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:2504  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:142.625  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:10720.6  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:99  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:1027  
 TOTAL\_VEHICLE\_COST:129179  
 TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:173063  
 PROFIT:43884  
 END\_STATISTICS\_SESSION  
 TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.764

14.3.2019

DEMAND\_ALOCATED:

START\_DEMANDS\_SESSION

DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53943

DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:78426

DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54369

DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:87502

DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:51371

DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:114757

DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:118722

DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:117163

DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:117163

END\_DEMANDS\_SESSION

START\_ROUTE\_SESSION

ROUTE\_ID:1

VEHICLE\_DESCR:mercedes3

ROUTE\_DISTANCE:264927

ROUTE\_TIME:501

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.25524e+06

AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:5.86213

ROUTE\_SLOPE:13246.4

VEHICLE\_COST:264927

VEHICLE\_CHARGING\_COST:264927

START\_SCHEDULE\_SESSION

mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1

mercedes3 pel9 1 1 420 420 60 20 1

mercedes3 pel8 2 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel7 3 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel6 4 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel5 5 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel4 6 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel3 7 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel2 8 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel1 9 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel1 10 -1 459 489 0 -20 2

mercedes3 pel4 11 -1 524 544 0 -30 5

mercedes3 pel6 12 -1 569 589 0 -30 7

mercedes3 pel7 13 -1 600 620 0 -30 8

mercedes3 pel9 14 -1 627 647 0 -20 9

mercedes3 pel8 15 -1 647 667 0 -30 9

mercedes3 pel2 16 -1 726 746 0 -20 3

mercedes3 pel3 17 -1 770 790 0 -30 4

mercedes3 pel5 18 -1 800 820 0 -30 6

mercedes3 EDEPOT 19 -20000 861 861 0 0 1

END\_SCHEDULE\_SESSION

END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:9  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:1  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:264927  
 TOTAL\_TIME:501  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.25524e+06  
 AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:5.86213  
 TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:793416  
 TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:1.25524e+06  
 TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:576  
 TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:2132  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:172.889  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:51313.8  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:58  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:270  
 TOTAL\_VEHICLE\_COST:264927  
 TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:793416  
 PROFIT:528489  
 END\_STATISTICS\_SESSION  
 TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.156

15.3.2019

DEMAND\_ALLOCATED:  
 START\_DEMANDS\_SESSION  
 DEMAND:pe1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:11211  
 DEMAND:pe2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:5766  
 DEMAND:pe3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:13697  
 DEMAND:pe4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54369  
 DEMAND:pe5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:65703  
 DEMAND:pe6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:65703  
 END\_DEMANDS\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:1  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes3  
 ROUTE\_DISTANCE:178565  
 ROUTE\_TIME:368  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:495755  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:2.99823  
 ROUTE\_SLOPE:12754.6  
 VEHICLE\_COST:178565



VEHICLE\_CHARGING\_COST:178565  
START\_SCHEDULE\_SESSION  
mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
mercedes3 pel6 1 1 420 420 60 30 1  
mercedes3 pel5 2 1 420 420 0 30 1  
mercedes3 pel4 3 1 420 420 0 30 1  
mercedes3 pel3 4 1 420 420 0 30 1  
mercedes3 pel2 5 1 420 420 0 20 1  
mercedes3 pel1 6 1 420 420 0 20 1  
mercedes3 pel2 7 -1 429 449 0 -20 3  
mercedes3 pel1 8 -1 464 494 0 -20 2  
mercedes3 pel4 9 -1 549 569 0 -30 5  
mercedes3 pel6 10 -1 612 632 0 -30 6  
mercedes3 pel5 11 -1 632 652 0 -30 6  
mercedes3 pel3 12 -1 695 715 0 -30 4  
mercedes3 EDEPOT 13 -20000 728 728 0 0 1  
END\_SCHEDULE\_SESSION  
END\_ROUTE\_SESSION  
START\_STATISTICS\_SESSION  
ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:6  
NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:1  
NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:178565  
TOTAL\_TIME:368  
TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:495755  
AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:2.99823  
TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:216449  
TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:495755  
TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:187  
TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:991  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:134  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:46551  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:129  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:429  
TOTAL\_VEHICLE\_COST:178565  
TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:216449  
PROFIT:37884  
END\_STATISTICS\_SESSION  
TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.046  
  
16.3.2019  
DEMAND\_ALOCATED:

```

START_DEMANDS_SESSION
DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:8956
DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:5968
DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:11357
DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:1311
DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:9151
DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:5799
DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:7469
DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:9621
DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:11211
DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:4441
DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:10027
DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:4916
DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:4916
END_DEMANDS_SESSION
START_ROUTE_SESSION
ROUTE_ID:1
VEHICLE_DESCR:mercedes3
ROUTE_DISTANCE:54976
ROUTE_TIME:438
TOTAL_PASSENGERS_DISTANCE:222576
AVERAGE_PASSENGERS_PER_DISTANCE_UNIT:5.32963
ROUTE_SLOPE:1963.43
VEHICLE_COST:54976
VEHICLE_CHARGING_COST:54976
START_SCHEDULE_SESSION
mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1
mercedes3 pel12 1 1 420 420 60 30 1
mercedes3 pel11 2 1 420 420 0 30 1
mercedes3 pel10 3 1 420 420 0 30 1
mercedes3 pel9 4 1 420 420 0 30 1
mercedes3 pel8 5 1 420 420 0 30 1
mercedes3 pel7 6 1 420 420 0 30 1
mercedes3 pel6 7 1 420 420 0 30 1
mercedes3 pel5 8 1 420 420 0 30 1
mercedes3 pel4 9 1 420 420 0 30 1
mercedes3 pel3 10 1 420 420 0 30 1
mercedes3 pel2 11 1 420 420 0 20 1
mercedes3 pel1 12 1 420 420 0 20 1
mercedes3 pel4 13 -1 423 443 0 -30 5
mercedes3 pel13 14 1 446 446 0 30 1
mercedes3 pel10 15 -1 455 475 0 -30 11
mercedes3 pel13 16 -1 481 501 0 -30 13
mercedes3 pel12 17 -1 501 521 0 -30 13
mercedes3 pel2 18 -1 529 549 0 -20 3

```

```

mercedes3 pel6 19 -1 553 573 0 -30 7
mercedes3 pel3 20 -1 584 604 0 -30 4
mercedes3 pel11 21 -1 612 632 0 -30 12
mercedes3 pel8 22 -1 636 656 0 -30 9
mercedes3 pel9 23 -1 664 684 0 -30 10
mercedes3 pel1 24 -1 692 722 0 -20 2
mercedes3 pel7 25 -1 729 749 0 -30 8
mercedes3 pel5 26 -1 764 784 0 -30 6
mercedes3 EDEPOT 27 -20000 798 798 0 0 1
END_SCHEDULE_SESSION
END_ROUTE_SESSION
START_STATISTICS_SESSION
ALLOCATED_DEMANDS_NUMBER:13
NOT_ALLOC_DEM_NUM:0
PERCENTAGE_OF_NON_ALLOCATED:0
ALLOCATED_ROUTES_NUMBER:1
NOT_ALLOC_ROUTE_NUM:0
PERCENTAGE_OF_ALLOCATED_ROUTES:100
TOTAL_DISTANCE_UNITS:54976
TOTAL_TIME:438
TOTAL_PASSENGERS_DISTANCE:222576
AVGERAGE_PASSENGERS_DISTANCE:5.32963
TOTAL_DEMANDS_SP_DISTANCE:95143
TOTAL_DEMANDS_REAL_DISTANCE:222576
TOTAL_DEMAND_SP_TIME:133
TOTAL_DEMAND_REAL_TIME:2407
AVERAGE_TIME_DEVIATION:174.923
AVERAGE_DISTANCE_DEVIATION:9802.54
AVERAGE_DISTANCE_DEVIATION_PERCENTAGE:133
AVERAGE_TIME_DEVIATION_PERCENTAGE:1709
TOTAL_VEHICLE_COST:54976
TOTAL_TRIP_CHARGING_COST:95143
PROFIT:40167
END_STATISTICS_SESSION
TOTAL_EXECUTION_TIME:0.624

```

18.3.2019

DEMAND\_ALOCATED:

START\_DEMANDS\_SESSION

DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55980

DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53375

DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55229

DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53785

DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55926

DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:77550

DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54941  
 DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53943  
 DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:78426  
 DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54239  
 DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55286  
 DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54487  
 DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54588  
 DEMAND:pel14 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54588  
 END\_DEMANDS\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:1  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes1  
 ROUTE\_DISTANCE:202698  
 ROUTE\_TIME:526  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.1306e+06  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:8.18199  
 ROUTE\_SLOPE:7796.08  
 VEHICLE\_COST:202698  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:202698  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes1 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes1 pel12 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes1 pel11 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel10 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel9 4 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel8 5 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel7 6 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel6 7 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel5 8 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel4 9 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel3 10 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel2 11 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel1 12 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel7 13 -1 459 479 0 -20 8  
 mercedes1 pel3 14 -1 489 509 0 -20 4  
 mercedes1 pel11 15 -1 518 538 0 -30 12  
 mercedes1 pel9 16 -1 558 578 0 -20 10  
 mercedes1 pel1 17 -1 599 629 0 -20 2  
 mercedes1 pel12 18 -1 639 659 0 -30 13  
 mercedes1 pel10 19 -1 663 683 0 -30 11  
 mercedes1 pel8 20 -1 690 710 0 -20 9  
 mercedes1 pel4 21 -1 713 733 0 -20 5  
 mercedes1 pel5 22 -1 735 755 0 -20 6  
 mercedes1 pel2 23 -1 760 780 0 -20 3  
 mercedes1 pel6 24 -1 808 828 0 -20 7

```

mercedes1 EDEPOT 25 -20000 886 886 0 0 1
END_SCHEDULE_SESSION
END_ROUTE_SESSION
START_ROUTE_SESSION
ROUTE_ID:2
VEHICLE_DESCR:mercedes4
ROUTE_DISTANCE:109780
ROUTE_TIME:195
TOTAL_PASSENGERS_DISTANCE:109176
AVERAGE_PASSENGERS_PER_DISTANCE_UNIT:2
ROUTE_SLOPE:18296.7
VEHICLE_COST:109780
VEHICLE_CHARGING_COST:109780
START_SCHEDULE_SESSION
mercedes4 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1
mercedes4 pel14 1 1 420 420 60 30 1
mercedes4 pel13 2 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel14 3 -1 465 485 0 -30 14
mercedes4 pel13 4 -1 485 505 0 -30 14
mercedes4 EDEPOT 5 -20000 555 555 0 0 1
END_SCHEDULE_SESSION
END_ROUTE_SESSION
START_STATISTICS_SESSION
ALLOCATED_DEMANDS_NUMBER:14
NOT_ALLOC_DEM_NUM:0
PERCENTAGE_OF_NON_ALLOCATED:0
ALLOCATED_ROUTES_NUMBER:2
NOT_ALLOC_ROUTE_NUM:0
PERCENTAGE_OF_ALLOCATED_ROUTES:100
TOTAL_DISTANCE_UNITS:312478
TOTAL_TIME:721
TOTAL_PASSENGERS_DISTANCE:1.23978e+06
AVGERAGE_PASSENGERS_DISTANCE:6.43139
TOTAL_DEMANDS_SP_DISTANCE:812343
TOTAL_DEMANDS_REAL_DISTANCE:1.23978e+06
TOTAL_DEMAND_SP_TIME:610
TOTAL_DEMAND_REAL_TIME:2991
AVERAGE_TIME_DEVIATION:170.071
AVERAGE_DISTANCE_DEVIATION:30531.2
AVERAGE_DISTANCE_DEVIATION_PERCENTAGE:52
AVERAGE_TIME_DEVIATION_PERCENTAGE:390
TOTAL_VEHICLE_COST:312478
TOTAL_TRIP_CHARGING_COST:812343
PROFIT:499865
END_STATISTICS_SESSION

```

TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.624

19.3.2019

DEMAND\_ALLOCATED:

START\_DEMANDS\_SESSION

DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8163

DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:11121

DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6370

DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6603

DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:7485

DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8616

DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10119

DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10931

DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:65703

DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:97866

DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:90741

DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:106746

DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:108363

DEMAND:pel14 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:114757

DEMAND:pel15 ID:15 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:117163

DEMAND:pel16 ID:16 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:114360

DEMAND:pel17 ID:17 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:87502

DEMAND:pel18 ID:18 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:135259

DEMAND:pel19 ID:19 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:135259

END\_DEMANDS\_SESSION

START\_ROUTE\_SESSION

ROUTE\_ID:1

VEHICLE\_DESCR:mercedes2

ROUTE\_DISTANCE:225172

ROUTE\_TIME:529

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:419189

AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:3.12294

ROUTE\_SLOPE:9382.17

VEHICLE\_COST:225172

VEHICLE\_CHARGING\_COST:225172

START\_SCHEDULE\_SESSION

mercedes2 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1

mercedes2 pel11 1 1 420 420 60 30 1

mercedes2 pel10 2 1 420 420 0 30 1

mercedes2 pel9 3 1 420 420 0 30 1

mercedes2 pel8 4 1 420 420 0 30 1

mercedes2 pel7 5 1 420 420 0 30 1

mercedes2 pel6 6 1 420 420 0 30 1

mercedes2 pel5 7 1 420 420 0 30 1

mercedes2 pel4 8 1 420 420 0 30 1

mercedes2 pel3 9 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel2 10 1 420 420 0 20 1  
 mercedes2 pel1 11 1 420 420 0 20 1  
 mercedes2 pel4 12 -1 432 452 0 -30 5  
 mercedes2 pel5 13 -1 457 477 0 -30 6  
 mercedes2 pel1 14 -1 483 513 0 -20 2  
 mercedes2 pel7 15 -1 521 541 0 -30 8  
 mercedes2 pel8 16 -1 545 565 0 -30 9  
 mercedes2 pel2 17 -1 568 588 0 -20 3  
 mercedes2 pel6 18 -1 592 612 0 -30 7  
 mercedes2 pel3 19 -1 626 646 0 -30 4  
 mercedes2 pel9 20 -1 699 719 0 -30 10  
 mercedes2 pel10 21 -1 747 767 0 -30 11  
 mercedes2 pel11 22 -1 791 811 0 -30 12  
 mercedes2 EDEPOT 23 -20000 889 889 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:2  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes4  
 ROUTE\_DISTANCE:294220  
 ROUTE\_TIME:475  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.18612e+06  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:6.2702  
 ROUTE\_SLOPE:16345.6  
 VEHICLE\_COST:294220  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:294220  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes4 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes4 pel19 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes4 pel18 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes4 pel17 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes4 pel16 4 1 420 420 0 30 1  
 mercedes4 pel15 5 1 420 420 0 30 1  
 mercedes4 pel14 6 1 420 420 0 30 1  
 mercedes4 pel13 7 1 420 420 0 30 1  
 mercedes4 pel12 8 1 420 420 0 30 1  
 mercedes4 pel17 9 -1 482 502 0 -30 18  
 mercedes4 pel14 10 -1 527 547 0 -30 15  
 mercedes4 pel19 11 -1 570 590 0 -30 19  
 mercedes4 pel18 12 -1 590 610 0 -30 19  
 mercedes4 pel15 13 -1 632 652 0 -30 16  
 mercedes4 pel16 14 -1 665 685 0 -30 17  
 mercedes4 pel13 15 -1 704 724 0 -30 14  
 mercedes4 pel12 16 -1 732 752 0 -30 13

mercedes4 EDEPOT 17 -20000 835 835 0 0 1  
END\_SCHEDULE\_SESSION  
END\_ROUTE\_SESSION  
START\_STATISTICS\_SESSION  
ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:19  
NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:2  
NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:519392  
TOTAL\_TIME:1004  
TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.60531e+06  
AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:4.9639  
TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:1.24313e+06  
TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:1.60531e+06  
TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:995  
TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:3773  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:146.211  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:19062.3  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:29  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:279  
TOTAL\_VEHICLE\_COST:519392  
TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:1.24313e+06  
PROFIT:723735  
END\_STATISTICS\_SESSION  
TOTAL\_EXECUTION\_TIME:1.076

20.3.2019

DEMAND\_ALOCATED:

START\_DEMANDS\_SESSION

DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8163  
DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:11121  
DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6370  
DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6603  
DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:7485  
DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8616  
DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10119  
DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10931  
DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:65703  
DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:97866  
DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:90741  
DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:106746  
DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:108363  
DEMAND:pel14 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:114757



DEMAND:pel15 ID:15 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:117163  
 DEMAND:pel16 ID:16 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:114360  
 DEMAND:pel17 ID:17 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:87502  
 DEMAND:pel18 ID:18 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:135259  
 DEMAND:pel19 ID:19 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:135259  
 END\_DEMANDS\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:1  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes2  
 ROUTE\_DISTANCE:225172  
 ROUTE\_TIME:529  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:419189  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:3.12294  
 ROUTE\_SLOPE:9382.17  
 VEHICLE\_COST:225172  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:225172  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes2 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes2 pel11 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes2 pel10 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel9 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel8 4 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel7 5 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel6 6 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel5 7 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel4 8 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel3 9 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel2 10 1 420 420 0 20 1  
 mercedes2 pel1 11 1 420 420 0 20 1  
 mercedes2 pel4 12 -1 432 452 0 -30 5  
 mercedes2 pel5 13 -1 457 477 0 -30 6  
 mercedes2 pel1 14 -1 483 513 0 -20 2  
 mercedes2 pel7 15 -1 521 541 0 -30 8  
 mercedes2 pel8 16 -1 545 565 0 -30 9  
 mercedes2 pel2 17 -1 568 588 0 -20 3  
 mercedes2 pel6 18 -1 592 612 0 -30 7  
 mercedes2 pel3 19 -1 626 646 0 -30 4  
 mercedes2 pel9 20 -1 699 719 0 -30 10  
 mercedes2 pel10 21 -1 747 767 0 -30 11  
 mercedes2 pel11 22 -1 791 811 0 -30 12  
 mercedes2 EDEPOT 23 -20000 889 889 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:2

VEHICLE\_DESCR:mercedes4  
 ROUTE\_DISTANCE:294220  
 ROUTE\_TIME:475  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.18612e+06  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:6.2702  
 ROUTE\_SLOPE:16345.6  
 VEHICLE\_COST:294220  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:294220  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes4 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes4 pel19 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes4 pel18 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes4 pel17 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes4 pel16 4 1 420 420 0 30 1  
 mercedes4 pel15 5 1 420 420 0 30 1  
 mercedes4 pel14 6 1 420 420 0 30 1  
 mercedes4 pel13 7 1 420 420 0 30 1  
 mercedes4 pel12 8 1 420 420 0 30 1  
 mercedes4 pel17 9 -1 482 502 0 -30 18  
 mercedes4 pel14 10 -1 527 547 0 -30 15  
 mercedes4 pel19 11 -1 570 590 0 -30 19  
 mercedes4 pel18 12 -1 590 610 0 -30 19  
 mercedes4 pel15 13 -1 632 652 0 -30 16  
 mercedes4 pel16 14 -1 665 685 0 -30 17  
 mercedes4 pel13 15 -1 704 724 0 -30 14  
 mercedes4 pel12 16 -1 732 752 0 -30 13  
 mercedes4 EDEPOT 17 -20000 835 835 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:19  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:2  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:519392  
 TOTAL\_TIME:1004  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.60531e+06  
 AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:4.9639  
 TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:1.24313e+06  
 TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:1.60531e+06  
 TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:995  
 TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:3773  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:146.211

AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:19062.3  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:29  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:279  
TOTAL\_VEHICLE\_COST:519392  
TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:1.24313e+06  
PROFIT:723735  
END\_STATISTICS\_SESSION  
TOTAL\_EXECUTION\_TIME:1.076

21.3.2019

DEMAND\_ALOCATED:

START\_DEMANDS\_SESSION

DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:52908

DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:57450

DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:51371

DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:65703

DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:90741

DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:108363

DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:108363

END\_DEMANDS\_SESSION

START\_ROUTE\_SESSION

ROUTE\_ID:1

VEHICLE\_DESCR:mercedes3

ROUTE\_DISTANCE:241420

ROUTE\_TIME:433

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:708857

AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:4.02047

ROUTE\_SLOPE:15088.8

VEHICLE\_COST:241420

VEHICLE\_CHARGING\_COST:241420

START\_SCHEDULE\_SESSION

mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1

mercedes3 pel7 1 1 420 420 60 30 1

mercedes3 pel6 2 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel5 3 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel4 4 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel3 5 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel2 6 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel1 7 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel1 8 -1 458 488 0 -20 2

mercedes3 pel2 9 -1 499 519 0 -20 3

mercedes3 pel3 10 -1 532 552 0 -30 4

mercedes3 pel5 11 -1 589 609 0 -30 6

mercedes3 pel7 12 -1 636 656 0 -30 7

mercedes3 pel6 13 -1 656 676 0 -30 7

mercedes3 pel4 14 -1 722 742 0 -30 5  
 mercedes3 EDEPOT 15 -20000 793 793 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:7  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:1  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:241420  
 TOTAL\_TIME:433  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:708857  
 AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:4.02047  
 TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:534899  
 TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:708857  
 TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:415  
 TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:1302  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:126.714  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:24851.1  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:32  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:213  
 TOTAL\_VEHICLE\_COST:241420  
 TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:534899  
 PROFIT:293479  
 END\_STATISTICS\_SESSION  
 TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.078

22.3.2019

DEMAND\_ALOCATED:  
 START\_DEMANDS\_SESSION  
 DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:52908  
 DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:57450  
 DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:51371  
 DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:65703  
 DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:90741  
 DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:108363  
 DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:108363  
 END\_DEMANDS\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:1  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes3  
 ROUTE\_DISTANCE:241420  
 ROUTE\_TIME:433

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:708857  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:4.02047  
 ROUTE\_SLOPE:15088.8  
 VEHICLE\_COST:241420  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:241420  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes3 pel7 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes3 pel6 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel5 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel4 4 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel3 5 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel2 6 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel1 7 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel1 8 -1 458 488 0 -20 2  
 mercedes3 pel2 9 -1 499 519 0 -20 3  
 mercedes3 pel3 10 -1 532 552 0 -30 4  
 mercedes3 pel5 11 -1 589 609 0 -30 6  
 mercedes3 pel7 12 -1 636 656 0 -30 7  
 mercedes3 pel6 13 -1 656 676 0 -30 7  
 mercedes3 pel4 14 -1 722 742 0 -30 5  
 mercedes3 EDEPOT 15 -20000 793 793 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:7  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:1  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:241420  
 TOTAL\_TIME:433  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:708857  
 AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:4.02047  
 TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:534899  
 TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:708857  
 TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:415  
 TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:1302  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:126.714  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:24851.1  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:32  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:213  
 TOTAL\_VEHICLE\_COST:241420  
 TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:534899

PROFIT:293479  
END\_STATISTICS\_SESSION  
TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.078

23.3.2019

DEMAND\_ALOCATED:

START\_DEMANDS\_SESSION

DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8956  
DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:13697  
DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:11357  
DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6677  
DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:7485  
DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:5799  
DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:7469  
DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9621  
DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:11211  
DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6370  
DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:4653  
DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:4916  
DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10030  
DEMAND:pel14 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:3548  
DEMAND:pel15 ID:15 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:3548

END\_DEMANDS\_SESSION

START\_ROUTE\_SESSION

ROUTE\_ID:1

VEHICLE\_DESCR:mercedes2

ROUTE\_DISTANCE:55513

ROUTE\_TIME:474

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:200834

AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:4.74819

ROUTE\_SLOPE:1734.78

VEHICLE\_COST:55513

VEHICLE\_CHARGING\_COST:55513

START\_SCHEDULE\_SESSION

mercedes2 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1

mercedes2 pel15 1 1 420 420 60 30 1

mercedes2 pel14 2 1 420 420 0 30 1

mercedes2 pel13 3 1 420 420 0 30 1

mercedes2 pel12 4 1 420 420 0 30 1

mercedes2 pel11 5 1 420 420 0 30 1

mercedes2 pel10 6 1 420 420 0 30 1

mercedes2 pel9 7 1 420 420 0 30 1

mercedes2 pel8 8 1 420 420 0 30 1

mercedes2 pel7 9 1 420 420 0 30 1

mercedes2 pel6 10 1 420 420 0 30 1

mercedes2 pel5 11 1 420 420 0 30 1  
mercedes2 pel4 12 1 420 420 0 30 1  
mercedes2 pel3 13 1 420 420 0 20 1  
mercedes2 pel2 14 1 420 420 0 20 1  
mercedes2 pel1 15 1 420 420 0 20 1  
mercedes2 pel15 16 -1 425 445 0 -30 15  
mercedes2 pel14 17 -1 445 465 0 -30 15  
mercedes2 pel11 18 -1 467 487 0 -30 12  
mercedes2 pel12 19 -1 489 509 0 -30 13  
mercedes2 pel10 20 -1 514 534 0 -30 11  
mercedes2 pel6 21 -1 543 563 0 -30 7  
mercedes2 pel4 22 -1 567 587 0 -30 5  
mercedes2 pel5 23 -1 593 613 0 -30 6  
mercedes2 pel3 24 -1 619 639 0 -20 4  
mercedes2 pel13 25 -1 646 666 0 -30 14  
mercedes2 pel8 26 -1 669 689 0 -30 9  
mercedes2 pel9 27 -1 697 717 0 -30 10  
mercedes2 pel1 28 -1 725 755 0 -20 2  
mercedes2 pel7 29 -1 762 782 0 -30 8  
mercedes2 pel2 30 -1 801 821 0 -20 3  
mercedes2 EDEPOT 31 -20000 834 834 0 0 1  
END\_SCHEDULE\_SESSION  
END\_ROUTE\_SESSION  
START\_STATISTICS\_SESSION  
ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:15  
NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:1  
NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:55513  
TOTAL\_TIME:474  
TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:200834  
AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:4.74819  
TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:115337  
TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:200834  
TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:162  
TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:2972  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:187.333  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:5699.8  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:74  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:1734  
TOTAL\_VEHICLE\_COST:55513  
TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:115337  
PROFIT:59824

END\_STATISTICS\_SESSION  
TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.827

26.3.2019

DEMAND\_ALLOCATED:

START\_DEMANDS\_SESSION

DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8163  
DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:11121  
DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6603  
DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:7485  
DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8616  
DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10119  
DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10931  
DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:65703  
DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:97866  
DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:90741  
DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:106746  
DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:108363  
DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:114757  
DEMAND:pel14 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:117163  
DEMAND:pel15 ID:15 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:114360  
DEMAND:pel16 ID:16 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:87502  
DEMAND:pel17 ID:17 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:87502

END\_DEMANDS\_SESSION

START\_ROUTE\_SESSION

ROUTE\_ID:1

VEHICLE\_DESCR:mercedes3

ROUTE\_DISTANCE:238788

ROUTE\_TIME:539

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:549562

AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:3.71715

ROUTE\_SLOPE:9949.5

VEHICLE\_COST:238788

VEHICLE\_CHARGING\_COST:238788

START\_SCHEDULE\_SESSION

mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1

mercedes3 pel11 1 1 420 420 60 30 1

mercedes3 pel10 2 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel9 3 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel8 4 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel7 5 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel6 6 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel5 7 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel4 8 1 420 420 0 20 1

mercedes3 pel3 9 1 420 420 0 20 1



```

mercedes3 pel2 10 1 420 420 0 20 1
mercedes3 pel1 11 1 420 420 0 20 1
mercedes3 pel5 12 -1 438 458 0 -20 6
mercedes3 pel1 13 -1 460 490 0 -20 2
mercedes3 pel2 14 -1 496 516 0 -20 3
mercedes3 pel6 15 -1 520 540 0 -20 7
mercedes3 pel7 16 -1 544 564 0 -30 8
mercedes3 pel4 17 -1 569 589 0 -20 5
mercedes3 pel3 18 -1 597 617 0 -20 4
mercedes3 pel8 19 -1 675 695 0 -30 9
mercedes3 pel9 20 -1 723 743 0 -30 10
mercedes3 pel11 21 -1 761 781 0 -30 12
mercedes3 pel10 22 -1 801 821 0 -30 11
mercedes3 EDEPOT 23 -20000 899 899 0 0 1
END_SCHEDULE_SESSION
END_ROUTE_SESSION
START_ROUTE_SESSION
ROUTE_ID:2
VEHICLE_DESCR:mercedes4
ROUTE_DISTANCE:254228
ROUTE_TIME:395
TOTAL_PASSENGERS_DISTANCE:686350
AVERAGE_PASSENGERS_PER_DISTANCE_UNIT:4.67589
ROUTE_SLOPE:18159.1
VEHICLE_COST:254228
VEHICLE_CHARGING_COST:254228
START_SCHEDULE_SESSION
mercedes4 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1
mercedes4 pel17 1 1 420 420 60 30 1
mercedes4 pel16 2 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel15 3 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel14 4 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel13 5 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel12 6 1 420 420 0 30 1
mercedes4 pel17 7 -1 482 502 0 -30 17
mercedes4 pel16 8 -1 502 522 0 -30 17
mercedes4 pel13 9 -1 547 567 0 -30 14
mercedes4 pel14 10 -1 573 593 0 -30 15
mercedes4 pel15 11 -1 606 626 0 -30 16
mercedes4 pel12 12 -1 645 665 0 -30 13
mercedes4 EDEPOT 13 -20000 755 755 0 0 1
END_SCHEDULE_SESSION
END_ROUTE_SESSION
START_STATISTICS_SESSION
ALLOCATED_DEMANDS_NUMBER:17

```

NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:2  
NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:493016  
TOTAL\_TIME:934  
TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.23591e+06  
AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:4.19479  
TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:1.05374e+06  
TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:1.23591e+06  
TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:843  
TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:3149  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:135.647  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:10715.9  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:17  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:273  
TOTAL\_VEHICLE\_COST:493016  
TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:1.05374e+06  
PROFIT:560725  
END\_STATISTICS\_SESSION  
TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.592

27.3.2019

DEMAND\_ALOCATED:  
START\_DEMANDS\_SESSION  
DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8616  
DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9455  
DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:4916  
DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:4859  
DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:1311  
DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9151  
DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10056  
DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10027  
DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6388  
DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:3548  
DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:22447  
DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:4441  
DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:4441  
END\_DEMANDS\_SESSION  
START\_ROUTE\_SESSION  
ROUTE\_ID:1  
VEHICLE\_DESCR:mercedes2  
ROUTE\_DISTANCE:82889  
ROUTE\_TIME:460

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:395689  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:5.67907  
 ROUTE\_SLOPE:2960.32  
 VEHICLE\_COST:82889  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:82889  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes2 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes2 pel13 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes2 pel12 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel11 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel10 4 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel9 5 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel8 6 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel7 7 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel6 8 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel5 9 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel4 10 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel3 11 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel2 12 1 420 420 0 20 1  
 mercedes2 pel1 13 1 420 420 0 20 1  
 mercedes2 pel5 14 -1 423 443 0 -30 6  
 mercedes2 pel13 15 -1 451 471 0 -30 13  
 mercedes2 pel12 16 -1 471 491 0 -30 13  
 mercedes2 pel10 17 -1 497 517 0 -30 11  
 mercedes2 pel4 18 -1 519 539 0 -30 5  
 mercedes2 pel3 19 -1 542 562 0 -30 4  
 mercedes2 pel11 20 -1 582 602 0 -30 12  
 mercedes2 pel1 21 -1 630 660 0 -20 2  
 mercedes2 pel7 22 -1 668 688 0 -30 8  
 mercedes2 pel8 23 -1 691 711 0 -30 9  
 mercedes2 pel2 24 -1 719 739 0 -20 3  
 mercedes2 pel9 25 -1 748 768 0 -30 10  
 mercedes2 pel6 26 -1 786 806 0 -30 7  
 mercedes2 EDEPOT 27 -20000 820 820 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:13  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:1  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:82889  
 TOTAL\_TIME:460

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:395689  
 AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:5.67907  
 TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:99656  
 TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:395689  
 TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:144  
 TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:2537  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:184.077  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:22771.8  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:297  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:1661  
 TOTAL\_VEHICLE\_COST:82889  
 TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:99656  
 PROFIT:16767  
 END\_STATISTICS\_SESSION  
 TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.671

28.3.2019

DEMAND\_ALOCATED:

START\_DEMANDS\_SESSION

DEMAND:pe1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54941

DEMAND:pe2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:77550

DEMAND:pe3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54487

DEMAND:pe4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53375

DEMAND:pe5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53928

DEMAND:pe6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:59208

DEMAND:pe7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53943

DEMAND:pe8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53943

END\_DEMANDS\_SESSION

START\_ROUTE\_SESSION

ROUTE\_ID:1

VEHICLE\_DESCR:mercedes3

ROUTE\_DISTANCE:173333

ROUTE\_TIME:403

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:590633

AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:5.42776

ROUTE\_SLOPE:9629.61

VEHICLE\_COST:173333

VEHICLE\_CHARGING\_COST:173333

START\_SCHEDULE\_SESSION

mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1

mercedes3 pe8 1 1 420 420 60 30 1

mercedes3 pe7 2 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pe6 3 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pe5 4 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pe4 5 1 420 420 0 30 1

mercedes3 pel3 6 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel2 7 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel1 8 1 420 420 0 20 1  
 mercedes3 pel1 9 -1 459 489 0 -20 2  
 mercedes3 pel5 10 -1 500 520 0 -30 6  
 mercedes3 pel3 11 -1 528 548 0 -30 4  
 mercedes3 pel6 12 -1 559 579 0 -30 7  
 mercedes3 pel8 13 -1 590 610 0 -30 8  
 mercedes3 pel7 14 -1 610 630 0 -30 8  
 mercedes3 pel4 15 -1 637 657 0 -30 5  
 mercedes3 pel2 16 -1 685 705 0 -20 3  
 mercedes3 EDEPOT 17 -20000 763 763 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:8  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:1  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:173333  
 TOTAL\_TIME:403  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:590633  
 AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:5.42776  
 TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:461375  
 TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:590633  
 TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:342  
 TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:1378  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:129.5  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:16157.2  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:28  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:302  
 TOTAL\_VEHICLE\_COST:173333  
 TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:461375  
 PROFIT:288042  
 END\_STATISTICS\_SESSION  
 TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.124

29.3.2019

DEMAND\_ALOCATED:

START\_DEMANDS\_SESSION

DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:1311

DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:5968

DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10931

DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:3548  
 DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9151  
 DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53375  
 DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53785  
 DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55989  
 DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55989  
 END\_DEMANDS\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:1  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes2  
 ROUTE\_DISTANCE:133520  
 ROUTE\_TIME:393  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:377507  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:4.53027  
 ROUTE\_SLOPE:6676  
 VEHICLE\_COST:133520  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:133520  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes2 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes2 pel9 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes2 pel8 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel7 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel6 4 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel5 5 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel4 6 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel3 7 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel2 8 1 420 420 0 20 1  
 mercedes2 pel1 9 1 420 420 0 20 1  
 mercedes2 pel1 10 -1 423 453 0 -20 2  
 mercedes2 pel4 11 -1 458 478 0 -30 5  
 mercedes2 pel3 12 -1 490 510 0 -30 4  
 mercedes2 pel2 13 -1 523 543 0 -20 3  
 mercedes2 pel5 14 -1 558 578 0 -30 6  
 mercedes2 pel9 15 -1 618 638 0 -30 9  
 mercedes2 pel8 16 -1 638 658 0 -30 9  
 mercedes2 pel7 17 -1 666 686 0 -30 8  
 mercedes2 pel6 18 -1 690 710 0 -30 7  
 mercedes2 EDEPOT 19 -20000 753 753 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:9  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:1

NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:133520  
TOTAL\_TIME:393  
TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:377507  
AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:4.53027  
TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:250047  
TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:377507  
TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:205  
TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:1474  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:141  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:14162.2  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:50  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:619  
TOTAL\_VEHICLE\_COST:133520  
TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:250047  
PROFIT:116527  
END\_STATISTICS\_SESSION  
TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.187

30.32019

DEMAND\_ALOCATED:

START\_DEMANDS\_SESSION

DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:5922  
DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:4859  
DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:11357  
DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:1311  
DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9151  
DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:5799  
DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:7469  
DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9621  
DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:22447  
DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6370  
DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8638  
DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:4916  
DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9826  
DEMAND:pel14 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9826

END\_DEMANDS\_SESSION

START\_ROUTE\_SESSION

ROUTE\_ID:1

VEHICLE\_DESCR:mercedes2

ROUTE\_DISTANCE:85590

ROUTE\_TIME:478

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:560071

AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:7.26714

ROUTE\_SLOPE:2853  
 VEHICLE\_COST:85590  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:85590  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes2 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes2 pel14 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes2 pel13 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel12 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel11 4 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel10 5 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel9 6 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel8 7 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel7 8 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel6 9 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel5 10 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel4 11 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel3 12 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel2 13 1 420 420 0 20 1  
 mercedes2 pel1 14 1 420 420 0 20 1  
 mercedes2 pel4 15 -1 423 443 0 -30 5  
 mercedes2 pel12 16 -1 450 470 0 -30 13  
 mercedes2 pel10 17 -1 475 495 0 -30 11  
 mercedes2 pel9 18 -1 513 533 0 -30 10  
 mercedes2 pel1 19 -1 552 582 0 -20 2  
 mercedes2 pel3 20 -1 592 612 0 -30 4  
 mercedes2 pel8 21 -1 619 639 0 -30 9  
 mercedes2 pel14 22 -1 640 660 0 -30 14  
 mercedes2 pel13 23 -1 660 680 0 -30 14  
 mercedes2 pel7 24 -1 686 706 0 -30 8  
 mercedes2 pel6 25 -1 713 733 0 -30 7  
 mercedes2 pel2 26 -1 739 759 0 -20 3  
 mercedes2 pel5 27 -1 771 791 0 -30 6  
 mercedes2 pel11 28 -1 807 827 0 -30 12  
 mercedes2 EDEPOT 29 -20000 838 838 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:14  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:1  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:85590  
 TOTAL\_TIME:478



TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:560071  
AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:7.26714  
TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:117512  
TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:560071  
TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:155  
TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:3050  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:206.786  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:31611.4  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:376  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:1867  
TOTAL\_VEHICLE\_COST:85590  
TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:117512  
PROFIT:31922  
END\_STATISTICS\_SESSION  
TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.951

#### 4.6 Κεφάλαιο

11.3.2019

ONLINE\_DEMAND\_ALLOCATED:PEL\_ON2  
START\_DEMANDS\_SESSION  
DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55980  
DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53375  
DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55229  
DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53785  
DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:51371  
DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55926  
DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:77550  
DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54941  
DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53943  
DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:78426  
DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54239  
DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55286  
DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54487  
DEMAND:pel14 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54588  
DEMAND:pel15 ID:15 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54588  
DEMAND:PEL\_ON1 ID:16 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:55229  
DEMAND:PEL\_ON2 ID:17 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:55229  
END\_DEMANDS\_SESSION  
START\_ROUTE\_SESSION  
ROUTE\_ID:1  
VEHICLE\_DESCR:mercedes1  
ROUTE\_DISTANCE:202584  
ROUTE\_TIME:523

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.09404e+06  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:7.92394  
 ROUTE\_SLOPE:7791.69  
 VEHICLE\_COST:202584  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:202584  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes1 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes1 pel12 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes1 pel11 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel10 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel9 4 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel8 5 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel7 6 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel6 7 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel5 8 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel4 9 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel3 10 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel2 11 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel1 12 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel8 13 -1 459 479 0 -30 9  
 mercedes1 pel5 14 -1 487 507 0 -30 6  
 mercedes1 pel3 15 -1 513 533 0 -30 4  
 mercedes1 pel12 16 -1 542 562 0 -30 13  
 mercedes1 pel10 17 -1 582 602 0 -30 11  
 mercedes1 pel1 18 -1 623 653 0 -20 2  
 mercedes1 pel11 19 -1 660 680 0 -30 12  
 mercedes1 pel9 20 -1 687 707 0 -30 10  
 mercedes1 pel4 21 -1 710 730 0 -30 5  
 mercedes1 pel6 22 -1 732 752 0 -30 7  
 mercedes1 pel2 23 -1 757 777 0 -20 3  
 mercedes1 pel7 24 -1 805 825 0 -30 8  
 mercedes1 EDEPOT 25 -20000 883 883 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:2  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes3  
 ROUTE\_DISTANCE:221360  
 ROUTE\_TIME:526  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:275287  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:1.66244  
 ROUTE\_SLOPE:18446.7  
 VEHICLE\_COST:221360  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:221360  
 START\_SCHEDULE\_SESSION

```

mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1
mercedes3 pel15 1 1 420 420 60 30 1
mercedes3 pel14 2 1 420 420 0 30 1
mercedes3 pel13 3 1 420 420 0 30 1
mercedes3 pel13 4 -1 463 483 0 -30 14
mercedes3 pel15 5 -1 487 507 0 -30 15
mercedes3 pel14 6 -1 507 527 0 -30 15
mercedes3 PEL_ON2 7 1 700 700 123 20 1
mercedes3 PEL_ON1 8 1 800 800 100 20 1
mercedes3 PEL_ON2 9 -1 840 840 0 -20 4
mercedes3 PEL_ON1 10 -1 840 840 0 -20 4
mercedes3 EDEPOT 11 -20000 886 886 0 0 1
END_SCHEDULE_SESSION
END_ROUTE_SESSION
START_STATISTICS_SESSION
ALLOCATED_DEMANDS_NUMBER:17
NOT_ALLOC_DEM_NUM:0
PERCENTAGE_OF_NON_ALLOCATED:0
ALLOCATED_ROUTES_NUMBER:2
NOT_ALLOC_ROUTE_NUM:0
PERCENTAGE_OF_ALLOCATED_ROUTES:100
TOTAL_DISTANCE_UNITS:423944
TOTAL_TIME:1049
TOTAL_PASSENGERS_DISTANCE:1.36933e+06
AVGERAGE_PASSENGERS_DISTANCE:4.50942
TOTAL_DEMANDS_SP_DISTANCE:974172
TOTAL_DEMANDS_REAL_DISTANCE:1.36933e+06
TOTAL_DEMAND_SP_TIME:728
TOTAL_DEMAND_REAL_TIME:3204
AVERAGE_TIME_DEVIATION:145.647
AVERAGE_DISTANCE_DEVIATION:23244.6
AVERAGE_DISTANCE_DEVIATION_PERCENTAGE:40
AVERAGE_TIME_DEVIATION_PERCENTAGE:340
TOTAL_VEHICLE_COST:423944
TOTAL_TRIP_CHARGING_COST:974172
PROFIT:550228
END_STATISTICS_SESSION
TOTAL_EXECUTION_TIME:0.094

```

12.3.2019

```

ONLINE_DEMAND_ALLOCATED:PEL_ON1
START_DEMANDS_SESSION
DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:8163
DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED_ON_ROUTES:1 CHARGING_COST:11121

```

DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6370  
 DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6603  
 DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:7485  
 DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8616  
 DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10931  
 DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:65703  
 DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:97866  
 DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:90741  
 DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:106746  
 DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:108363  
 DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:114757  
 DEMAND:pel14 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:117163  
 DEMAND:pel15 ID:15 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:114360  
 DEMAND:pel16 ID:16 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:114360  
 DEMAND:PEL\_ON1 ID:17 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:8616  
 DEMAND:PEL\_ON1 ID:18 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:8616  
 END\_DEMANDS\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:1  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes1  
 ROUTE\_DISTANCE:237081  
 ROUTE\_TIME:537  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:534243  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:3.65574  
 ROUTE\_SLOPE:9878.38  
 VEHICLE\_COST:237081  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:237081  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes1 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes1 pel11 1 1 420 420 60 20 1  
 mercedes1 pel10 2 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel9 3 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel8 4 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel7 5 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel6 6 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel5 7 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel4 8 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel3 9 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel2 10 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel1 11 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel4 12 -1 432 452 0 -20 5  
 mercedes1 pel5 13 -1 457 477 0 -20 6  
 mercedes1 pel1 14 -1 483 513 0 -20 2  
 mercedes1 pel7 15 -1 519 539 0 -20 8  
 mercedes1 pel2 16 -1 542 562 0 -20 3

mercedes1 pel6 17 -1 566 586 0 -20 7  
 mercedes1 pel3 18 -1 600 620 0 -20 4  
 mercedes1 pel8 19 -1 673 693 0 -20 9  
 mercedes1 pel10 20 -1 721 741 0 -20 10  
 mercedes1 pel11 21 -1 759 779 0 -20 12  
 mercedes1 pel9 22 -1 799 819 0 -20 11  
 mercedes1 EDEPOT 23 -20000 897 897 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:2  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes2  
 ROUTE\_DISTANCE:270050  
 ROUTE\_TIME:488  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:734550  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:4.51733  
 ROUTE\_SLOPE:16878.1  
 VEHICLE\_COST:270050  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:270050  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes2 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes2 pel16 1 1 420 420 60 20 1  
 mercedes2 pel15 2 1 420 420 0 20 1  
 mercedes2 pel14 3 1 420 420 0 20 1  
 mercedes2 pel13 4 1 420 420 0 20 1  
 mercedes2 pel12 5 1 420 420 0 20 1  
 mercedes2 PEL\_ON1 6 1 508 508 88 20 1  
 mercedes2 PEL\_ON1 9 -1 526 526 0 -20 7  
 mercedes2 pel13 10 -1 620 640 0 -20 14  
 mercedes2 pel14 11 -1 646 666 0 -20 15  
 mercedes2 pel16 12 -1 679 699 0 -20 16  
 mercedes2 pel15 13 -1 699 719 0 -20 16  
 mercedes2 pel12 14 -1 738 758 0 -20 13  
 mercedes2 EDEPOT 15 -20000 848 848 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:18  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:2  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:507131  
 TOTAL\_TIME:1025

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.26879e+06  
AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:4.10952  
TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:1.00658e+06  
TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:1.26879e+06  
TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:835  
TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:3579  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:152.444  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:14567.4  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:26  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:328  
TOTAL\_VEHICLE\_COST:507131  
TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:1.00658e+06  
PROFIT:499449  
END\_STATISTICS\_SESSION  
TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.093

13.3.2019

ONLINE\_DEMAND\_ALLOCATED:PEL\_ON4  
START\_DEMANDS\_SESSION  
DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:1311  
DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9151  
DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:11103  
DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:4859  
DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8956  
DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6677  
DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10056  
DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10027  
DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:7333  
DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:3548  
DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9826  
DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:15375  
DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:18826  
DEMAND:pel14 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:11121  
DEMAND:pel15 ID:15 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:22447  
DEMAND:pel16 ID:16 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:22447  
DEMAND:PEL\_ON1 ID:17 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:6388  
DEMAND:PEL\_ON2 ID:18 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:6603  
DEMAND:PEL\_ON3 ID:19 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:4859  
DEMAND:PEL\_ON4 ID:20 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:77550  
END\_DEMANDS\_SESSION  
START\_ROUTE\_SESSION  
ROUTE\_ID:1  
VEHICLE\_DESCR:mercedes1  
ROUTE\_DISTANCE:173459  
ROUTE\_TIME:480

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:227854  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:2.0915  
 ROUTE\_SLOPE:6671.5  
 VEHICLE\_COST:173459  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:173459  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes1 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes1 pel11 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes1 pel10 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel9 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel8 4 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel7 5 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel6 6 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel5 7 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel4 8 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel3 9 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel2 10 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel1 11 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel1 12 -1 423 453 0 -20 2  
 mercedes1 pel10 13 -1 458 478 0 -30 11  
 mercedes1 pel4 14 -1 480 500 0 -30 5  
 mercedes1 pel6 15 -1 508 528 0 -30 7  
 mercedes1 pel9 16 -1 537 557 0 -30 10  
 mercedes1 pel8 17 -1 563 583 0 -30 9  
 mercedes1 pel7 18 -1 587 607 0 -30 8  
 mercedes1 pel3 19 -1 613 633 0 -30 4  
 mercedes1 pel11 20 -1 640 660 0 -30 12  
 mercedes1 pel5 21 -1 667 687 0 -30 6  
 mercedes1 PEL\_ON4 22 1 698 698 0 20 1  
 mercedes1 pel2 23 -1 709 729 0 -20 3  
 mercedes1 PEL\_ON4 24 -1 782 782 0 -20 20  
 mercedes1 EDEPOT 25 -20000 840 840 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:2  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes2  
 ROUTE\_DISTANCE:70062  
 ROUTE\_TIME:446  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:386430  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:5.91432  
 ROUTE\_SLOPE:3892.33  
 VEHICLE\_COST:70062  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:70062  
 START\_SCHEDULE\_SESSION

```

mercedes2 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1
mercedes2 pel16 1 1 420 420 60 30 1
mercedes2 pel15 2 1 420 420 0 30 1
mercedes2 pel14 3 1 420 420 0 30 1
mercedes2 pel13 4 1 420 420 0 30 1
mercedes2 pel12 5 1 420 420 0 30 1
mercedes2 PEL_ON3 6 1 600 600 180 20 1
mercedes2 PEL_ON2 7 1 600 600 0 20 1
mercedes2 PEL_ON1 8 1 600 600 0 20 1
mercedes2 pel16 9 -1 625 645 0 -30 16
mercedes2 pel15 10 -1 645 665 0 -30 16
mercedes2 pel14 11 -1 692 712 0 -30 15
mercedes2 pel13 12 -1 727 747 0 -30 14
mercedes2 pel12 13 -1 755 775 0 -30 13
mercedes2 PEL_ON2 14 -1 790 790 0 -20 18
mercedes2 PEL_ON1 15 -1 793 793 0 -20 17
mercedes2 PEL_ON3 16 -1 800 800 0 -20 19
mercedes2 EDEPOT 17 -20000 806 806 0 0 1
END_SCHEDULE_SESSION
END_ROUTE_SESSION
START_STATISTICS_SESSION
ALLOCATED_DEMANDS_NUMBER:20
NOT_ALLOC_DEM_NUM:0
PERCENTAGE_OF_NON_ALLOCATED:0
ALLOCATED_ROUTES_NUMBER:2
NOT_ALLOC_ROUTE_NUM:0
PERCENTAGE_OF_ALLOCATED_ROUTES:100
TOTAL_DISTANCE_UNITS:243521
TOTAL_TIME:926
TOTAL_PASSENGERS_DISTANCE:614284
AVGERAGE_PASSENGERS_DISTANCE:3.52468
TOTAL_DEMANDS_SP_DISTANCE:268463
TOTAL_DEMANDS_REAL_DISTANCE:614284
TOTAL_DEMAND_SP_TIME:308
TOTAL_DEMAND_REAL_TIME:3906
AVERAGE_TIME_DEVIATION:179.9
AVERAGE_DISTANCE_DEVIATION:17291
AVERAGE_DISTANCE_DEVIATION_PERCENTAGE:128
AVERAGE_TIME_DEVIATION_PERCENTAGE:1168
TOTAL_VEHICLE_COST:243521
TOTAL_TRIP_CHARGING_COST:268463
PROFIT:24942
END_STATISTICS_SESSION
TOTAL_EXECUTION_TIME:0.14

```



14.3.2019

ONLINE\_DEMAND\_ALLOCATED:PEL\_ON4

START\_DEMANDS\_SESSION

DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53943

DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:78426

DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54369

DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:87502

DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:51371

DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:114757

DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:118722

DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:117163

DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:117163

DEMAND:PEL\_ON1 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54487

DEMAND:PEL\_ON2 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54487

DEMAND:PEL\_ON3 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54487

DEMAND:PEL\_ON4

ID:13 NOT\_ALLOCATED:No Error

DEMAND:PEL\_ON4 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54487

END\_DEMANDS\_SESSION

START\_ROUTE\_SESSION

ROUTE\_ID:1

VEHICLE\_DESCR:mercedes1

ROUTE\_DISTANCE:264927

ROUTE\_TIME:501

TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.25524e+06

AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:5.86213

ROUTE\_SLOPE:13246.4

VEHICLE\_COST:264927

VEHICLE\_CHARGING\_COST:264927

START\_SCHEDULE\_SESSION

mercedes1 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1

mercedes1 pel9 1 1 420 420 60 20 1

mercedes1 pel8 2 1 420 420 0 30 1

mercedes1 pel7 3 1 420 420 0 30 1

mercedes1 pel6 4 1 420 420 0 30 1

mercedes1 pel5 5 1 420 420 0 30 1

mercedes1 pel4 6 1 420 420 0 30 1

mercedes1 pel3 7 1 420 420 0 30 1

mercedes1 pel2 8 1 420 420 0 20 1

mercedes1 pel1 9 1 420 420 0 20 1

mercedes1 pel1 10 -1 459 489 0 -20 2

mercedes1 pel4 11 -1 524 544 0 -30 5

mercedes1 pel6 12 -1 569 589 0 -30 7

mercedes1 pel7 13 -1 600 620 0 -30 8

mercedes1 pel9 14 -1 627 647 0 -20 9

mercedes1 pel8 15 -1 647 667 0 -30 9  
 mercedes1 pel2 16 -1 726 746 0 -20 3  
 mercedes1 pel3 17 -1 770 790 0 -30 4  
 mercedes1 pel5 18 -1 800 820 0 -30 6  
 mercedes1 EDEPOT 19 -20000 861 861 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:2  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes2  
 ROUTE\_DISTANCE:109309  
 ROUTE\_TIME:441  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:217948  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:4  
 ROUTE\_SLOPE:10930.9  
 VEHICLE\_COST:109309  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:109309  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes2 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes2 PEL\_ON4 1 1 710 710 350 20 1  
 mercedes2 PEL\_ON3 2 1 710 710 0 20 1  
 mercedes2 PEL\_ON2 3 1 710 710 0 20 1  
 mercedes2 PEL\_ON1 4 1 710 710 0 20 1  
 mercedes2 PEL\_ON4 5 -1 753 753 0 -20 13  
 mercedes2 PEL\_ON3 6 -1 753 753 0 -20 13  
 mercedes2 PEL\_ON2 7 -1 753 753 0 -20 13  
 mercedes2 PEL\_ON1 8 -1 753 753 0 -20 13  
 mercedes2 EDEPOT 9 -20000 801 801 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:13  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:1  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:2  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:374236  
 TOTAL\_TIME:942  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.47319e+06  
 AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:5.48441  
 TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:1.01136e+06  
 TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:1.47319e+06  
 TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:748  
 TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:2304

AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:119.692  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:35524.9  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:45  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:208  
TOTAL\_VEHICLE\_COST:374236  
TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:1.01136e+06  
PROFIT:637128  
END\_STATISTICS\_SESSION  
TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.062

On Line

11.3.2019

ONLINE\_DEMAND\_ALLOCATED:PEL\_ON2  
START\_DEMANDS\_SESSION  
DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55980  
DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53375  
DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55229  
DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53785  
DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:51371  
DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55926  
DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:77550  
DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54941  
DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53943  
DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:78426  
DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54239  
DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:55286  
DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54487  
DEMAND:pel14 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54588  
DEMAND:pel15 ID:15 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54588  
DEMAND:PEL\_ON1 ID:16 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:55229  
DEMAND:PEL\_ON2 ID:17 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:55229  
END\_DEMANDS\_SESSION  
START\_ROUTE\_SESSION  
ROUTE\_ID:1  
VEHICLE\_DESCR:mercedes1  
ROUTE\_DISTANCE:202584  
ROUTE\_TIME:523  
TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.09404e+06  
AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:7.92394  
ROUTE\_SLOPE:7791.69  
VEHICLE\_COST:202584  
VEHICLE\_CHARGING\_COST:202584  
START\_SCHEDULE\_SESSION

mercedes1 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes1 pel12 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes1 pel11 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel10 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel9 4 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel8 5 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel7 6 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel6 7 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel5 8 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel4 9 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel3 10 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel2 11 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel1 12 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel8 13 -1 459 479 0 -30 9  
 mercedes1 pel5 14 -1 487 507 0 -30 6  
 mercedes1 pel3 15 -1 513 533 0 -30 4  
 mercedes1 pel12 16 -1 542 562 0 -30 13  
 mercedes1 pel10 17 -1 582 602 0 -30 11  
 mercedes1 pel1 18 -1 623 653 0 -20 2  
 mercedes1 pel11 19 -1 660 680 0 -30 12  
 mercedes1 pel9 20 -1 687 707 0 -30 10  
 mercedes1 pel4 21 -1 710 730 0 -30 5  
 mercedes1 pel6 22 -1 732 752 0 -30 7  
 mercedes1 pel2 23 -1 757 777 0 -20 3  
 mercedes1 pel7 24 -1 805 825 0 -30 8  
 mercedes1 EDEPOT 25 -20000 883 883 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:2  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes3  
 ROUTE\_DISTANCE:221360  
 ROUTE\_TIME:526  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:275287  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:1.66244  
 ROUTE\_SLOPE:18446.7  
 VEHICLE\_COST:221360  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:221360  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes3 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes3 pel15 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes3 pel14 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel13 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes3 pel13 4 -1 463 483 0 -30 14  
 mercedes3 pel15 5 -1 487 507 0 -30 15

mercedes3 pel14 6 -1 507 527 0 -30 15  
 mercedes3 PEL\_ON2 7 1 700 700 123 20 1  
 mercedes3 PEL\_ON1 8 1 800 800 100 20 1  
 mercedes3 PEL\_ON2 9 -1 840 840 0 -20 4  
 mercedes3 PEL\_ON1 10 -1 840 840 0 -20 4  
 mercedes3 EDEPOT 11 -20000 886 886 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:17  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:2  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:423944  
 TOTAL\_TIME:1049  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.36933e+06  
 AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:4.50942  
 TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:974172  
 TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:1.36933e+06  
 TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:728  
 TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:3204  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:145.647  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:23244.6  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:40  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:340  
 TOTAL\_VEHICLE\_COST:423944  
 TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:974172  
 PROFIT:550228  
 END\_STATISTICS\_SESSION  
 TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.094

12.3.2019

ONLINE\_DEMAND\_ALLOCATED:PEL\_ON1  
 START\_DEMANDS\_SESSION  
 DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8163  
 DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:11121  
 DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6370  
 DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6603  
 DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:7485  
 DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8616  
 DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10931  
 DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:65703

DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:97866  
 DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:90741  
 DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:106746  
 DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:108363  
 DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:114757  
 DEMAND:pel14 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:117163  
 DEMAND:pel15 ID:15 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:114360  
 DEMAND:pel16 ID:16 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:114360  
 DEMAND:PEL\_ON1 ID:17 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:8616  
 END\_DEMANDS\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:1  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes1  
 ROUTE\_DISTANCE:237081  
 ROUTE\_TIME:537  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:534243  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:3.65574  
 ROUTE\_SLOPE:9878.38  
 VEHICLE\_COST:237081  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:237081  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes1 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes1 pel11 1 1 420 420 60 20 1  
 mercedes1 pel10 2 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel9 3 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel8 4 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel7 5 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel6 6 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel5 7 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel4 8 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel3 9 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel2 10 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel1 11 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel4 12 -1 432 452 0 -20 5  
 mercedes1 pel5 13 -1 457 477 0 -20 6  
 mercedes1 pel1 14 -1 483 513 0 -20 2  
 mercedes1 pel7 15 -1 519 539 0 -20 8  
 mercedes1 pel2 16 -1 542 562 0 -20 3  
 mercedes1 pel6 17 -1 566 586 0 -20 7  
 mercedes1 pel3 18 -1 600 620 0 -20 4  
 mercedes1 pel8 19 -1 673 693 0 -20 9  
 mercedes1 pel10 20 -1 721 741 0 -20 10  
 mercedes1 pel11 21 -1 759 779 0 -20 12  
 mercedes1 pel9 22 -1 799 819 0 -20 11  
 mercedes1 EDEPOT 23 -20000 897 897 0 0 1

END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:2  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes2  
 ROUTE\_DISTANCE:270050  
 ROUTE\_TIME:488  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:734550  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:4.51733  
 ROUTE\_SLOPE:16878.1  
 VEHICLE\_COST:270050  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:270050  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes2 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes2 pel16 1 1 420 420 60 20 1  
 mercedes2 pel15 2 1 420 420 0 20 1  
 mercedes2 pel14 3 1 420 420 0 20 1  
 mercedes2 pel13 4 1 420 420 0 20 1  
 mercedes2 pel12 5 1 420 420 0 20 1  
 mercedes2 PEL\_ON1 6 1 508 508 88 20 1  
 mercedes2 PEL\_ON1 8 -1 526 526 0 -20 7  
 mercedes2 pel13 10 -1 620 640 0 -20 14  
 mercedes2 pel14 11 -1 646 666 0 -20 15  
 mercedes2 pel16 12 -1 679 699 0 -20 16  
 mercedes2 pel15 13 -1 699 719 0 -20 16  
 mercedes2 pel12 14 -1 738 758 0 -20 13  
 mercedes2 EDEPOT 15 -20000 848 848 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:18  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:2  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:507131  
 TOTAL\_TIME:1025  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.26879e+06  
 AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:4.10952  
 TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:1.00658e+06  
 TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:1.26879e+06  
 TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:835  
 TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:3579  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:152.444

AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:14567.4  
AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:26  
AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:328  
TOTAL\_VEHICLE\_COST:507131  
TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:1.00658e+06  
PROFIT:499449  
END\_STATISTICS\_SESSION  
TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.093

13.3.2019

ONLINE\_DEMAND\_ALLOCATED:PEL\_ON4  
START\_DEMANDS\_SESSION  
DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:1311  
DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9151  
DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:11103  
DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:4859  
DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:8956  
DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:6677  
DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10056  
DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:10027  
DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:7333  
DEMAND:pel10 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:3548  
DEMAND:pel11 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:9826  
DEMAND:pel12 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:15375  
DEMAND:pel13 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:18826  
DEMAND:pel14 ID:14 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:11121  
DEMAND:pel15 ID:15 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:22447  
DEMAND:pel16 ID:16 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:22447  
DEMAND:PEL\_ON1 ID:17 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:6388  
DEMAND:PEL\_ON2 ID:18 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:6603  
DEMAND:PEL\_ON3 ID:19 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:4859  
DEMAND:PEL\_ON4 ID:20 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:77550  
END\_DEMANDS\_SESSION  
START\_ROUTE\_SESSION  
ROUTE\_ID:1  
VEHICLE\_DESCR:mercedes1  
ROUTE\_DISTANCE:173459  
ROUTE\_TIME:480  
TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:227854  
AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:2.0915  
ROUTE\_SLOPE:6671.5  
VEHICLE\_COST:173459  
VEHICLE\_CHARGING\_COST:173459  
START\_SCHEDULE\_SESSION



mercedes1 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes1 pel11 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes1 pel10 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel9 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel8 4 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel7 5 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel6 6 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel5 7 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel4 8 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel3 9 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel2 10 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel1 11 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel1 12 -1 423 453 0 -20 2  
 mercedes1 pel10 13 -1 458 478 0 -30 11  
 mercedes1 pel4 14 -1 480 500 0 -30 5  
 mercedes1 pel6 15 -1 508 528 0 -30 7  
 mercedes1 pel9 16 -1 537 557 0 -30 10  
 mercedes1 pel8 17 -1 563 583 0 -30 9  
 mercedes1 pel7 18 -1 587 607 0 -30 8  
 mercedes1 pel3 19 -1 613 633 0 -30 4  
 mercedes1 pel11 20 -1 640 660 0 -30 12  
 mercedes1 pel5 21 -1 667 687 0 -30 6  
 mercedes1 PEL\_ON4 22 1 698 698 0 20 1  
 mercedes1 pel2 23 -1 709 729 0 -20 3  
 mercedes1 PEL\_ON4 24 -1 782 782 0 -20 20  
 mercedes1 EDEPOT 25 -20000 840 840 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:2  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes2  
 ROUTE\_DISTANCE:70062  
 ROUTE\_TIME:446  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:386430  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:5.91432  
 ROUTE\_SLOPE:3892.33  
 VEHICLE\_COST:70062  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:70062  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes2 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes2 pel16 1 1 420 420 60 30 1  
 mercedes2 pel15 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel14 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel13 4 1 420 420 0 30 1  
 mercedes2 pel12 5 1 420 420 0 30 1

mercedes2 PEL\_ON3 6 1 600 600 180 20 1  
 mercedes2 PEL\_ON2 7 1 600 600 0 20 1  
 mercedes2 PEL\_ON1 8 1 600 600 0 20 1  
 mercedes2 pel16 9 -1 625 645 0 -30 16  
 mercedes2 pel15 10 -1 645 665 0 -30 16  
 mercedes2 pel14 11 -1 692 712 0 -30 15  
 mercedes2 pel13 12 -1 727 747 0 -30 14  
 mercedes2 pel12 13 -1 755 775 0 -30 13  
 mercedes2 PEL\_ON2 14 -1 790 790 0 -20 18  
 mercedes2 PEL\_ON1 15 -1 793 793 0 -20 17  
 mercedes2 PEL\_ON3 16 -1 800 800 0 -20 19  
 mercedes2 EDEPOT 17 -20000 806 806 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:20  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:2  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:243521  
 TOTAL\_TIME:926  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:614284  
 AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:3.52468  
 TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:268463  
 TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:614284  
 TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:308  
 TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:3906  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:179.9  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:17291  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:128  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:1168  
 TOTAL\_VEHICLE\_COST:243521  
 TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:268463  
 PROFIT:24942  
 END\_STATISTICS\_SESSION  
 TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.14

14.3.2019

ONLINE\_DEMAND\_ALLOCATED:PEL\_ON4  
 START\_DEMANDS\_SESSION  
 DEMAND:pel1 ID:1 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:53943

DEMAND:pel2 ID:2 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:78426  
 DEMAND:pel3 ID:3 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:54369  
 DEMAND:pel4 ID:4 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:87502  
 DEMAND:pel5 ID:5 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:51371  
 DEMAND:pel6 ID:6 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:114757  
 DEMAND:pel7 ID:7 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:118722  
 DEMAND:pel8 ID:8 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:117163  
 DEMAND:pel9 ID:9 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:1 CHARGING\_COST:117163  
 DEMAND:PEL\_ON1 ID:10 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54487  
 DEMAND:PEL\_ON2 ID:11 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54487  
 DEMAND:PEL\_ON3 ID:12 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54487  
 DEMAND:PEL\_ON4 ID:13 ALLOCATED\_ON\_ROUTES:2 CHARGING\_COST:54487  
 END\_DEMANDS\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:1  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes1  
 ROUTE\_DISTANCE:264927  
 ROUTE\_TIME:501  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.25524e+06  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:5.86213  
 ROUTE\_SLOPE:13246.4  
 VEHICLE\_COST:264927  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:264927  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes1 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes1 pel9 1 1 420 420 60 20 1  
 mercedes1 pel8 2 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel7 3 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel6 4 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel5 5 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel4 6 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel3 7 1 420 420 0 30 1  
 mercedes1 pel2 8 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel1 9 1 420 420 0 20 1  
 mercedes1 pel1 10 -1 459 489 0 -20 2  
 mercedes1 pel4 11 -1 524 544 0 -30 5  
 mercedes1 pel6 12 -1 569 589 0 -30 7  
 mercedes1 pel7 13 -1 600 620 0 -30 8  
 mercedes1 pel9 14 -1 627 647 0 -20 9  
 mercedes1 pel8 15 -1 647 667 0 -30 9  
 mercedes1 pel2 16 -1 726 746 0 -20 3  
 mercedes1 pel3 17 -1 770 790 0 -30 4  
 mercedes1 pel5 18 -1 800 820 0 -30 6  
 mercedes1 EDEPOT 19 -20000 861 861 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION

END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_ROUTE\_SESSION  
 ROUTE\_ID:2  
 VEHICLE\_DESCR:mercedes2  
 ROUTE\_DISTANCE:109309  
 ROUTE\_TIME:441  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:217948  
 AVERAGE\_PASSENGERS\_PER\_DISTANCE\_UNIT:4  
 ROUTE\_SLOPE:10930.9  
 VEHICLE\_COST:109309  
 VEHICLE\_CHARGING\_COST:109309  
 START\_SCHEDULE\_SESSION  
 mercedes2 SDEPOT 0 -10000 360 360 0 0 1  
 mercedes2 PEL\_ON4 1 1 710 710 350 20 1  
 mercedes2 PEL\_ON3 2 1 710 710 0 20 1  
 mercedes2 PEL\_ON2 3 1 710 710 0 20 1  
 mercedes2 PEL\_ON1 4 1 710 710 0 20 1  
 mercedes2 PEL\_ON4 5 -1 753 753 0 -20 13  
 mercedes2 PEL\_ON3 6 -1 753 753 0 -20 13  
 mercedes2 PEL\_ON2 7 -1 753 753 0 -20 13  
 mercedes2 PEL\_ON1 8 -1 753 753 0 -20 13  
 mercedes2 EDEPOT 9 -20000 801 801 0 0 1  
 END\_SCHEDULE\_SESSION  
 END\_ROUTE\_SESSION  
 START\_STATISTICS\_SESSION  
 ALLOCATED\_DEMANDS\_NUMBER:13  
 NOT\_ALLOC\_DEM\_NUM:1  
 PERCENTAGE\_OF\_NON\_ALLOCATED:0  
 ALLOCATED\_ROUTES\_NUMBER:2  
 NOT\_ALLOC\_ROUTE\_NUM:0  
 PERCENTAGE\_OF\_ALLOCATED\_ROUTES:100  
 TOTAL\_DISTANCE\_UNITS:374236  
 TOTAL\_TIME:942  
 TOTAL\_PASSENGERS\_DISTANCE:1.47319e+06  
 AVGERAGE\_PASSENGERS\_DISTANCE:5.48441  
 TOTAL\_DEMANDS\_SP\_DISTANCE:1.01136e+06  
 TOTAL\_DEMANDS\_REAL\_DISTANCE:1.47319e+06  
 TOTAL\_DEMAND\_SP\_TIME:748  
 TOTAL\_DEMAND\_REAL\_TIME:2304  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION:119.692  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION:35524.9  
 AVERAGE\_DISTANCE\_DEVIATION\_PERCENTAGE:45  
 AVERAGE\_TIME\_DEVIATION\_PERCENTAGE:208  
 TOTAL\_VEHICLE\_COST:374236  
 TOTAL\_TRIP\_CHARGING\_COST:1.01136e+06

PROFIT:637128  
END\_STATISTICS\_SESSION  
TOTAL\_EXECUTION\_TIME:0.062

## Βιβλιογραφία

1. Adamski, A. (2011). Hierarchical integrated intelligent logistics system platform.
2. Zhang, S., Lee, C. K., Chan, H. K., Choy, K. L., & Wu, Z. (2015). Swarm intelligence applied in green logistics: A literature review. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 37, 154-169.
3. Farahani, R. Z., & Rezapour, S. (2011). *Logistics operations and management: concepts and models*. Elsevier.
4. Wang, Y. (2013). Adaptive ant colony algorithm for the vrp solution of logistics distribution. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 6(5), 807-811.
5. Simchi-Levi, D., Chen, X., & Bramel, J. (2005). Logistics and Vehicle Rooting.
6. Kim, H., Yang, J., & Lee, K. D. (2009). Vehicle routing in reverse logistics for recycling end-of-life consumer electronic goods in South Korea. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(5), 291-299.
7. Bochtis, D. D., & Sørensen, C. G. (2011). logistics part I. *Biosystems engineering*, 104(4), 447-457.
8. Kim, H., Yang, J., & Lee, K. D. (2011). Reverse logistics using a multi-depot VRP approach for recycling end-of-life consumer electronic products in South Korea. *International Journal of Sustainable Transportation*, 5(5), 289-318.
9. Zheng, Y., & Zhang, G. (2008, October). Forward and reverse logistics. In *Wireless communications, networking and mobile computing, 2008. WiCOM'08. 4th international conference on* (pp. 1-4). IEEE.
10. Wang, W. L., Huang, H. P., Zhao, Y. W., & Zhang, J. L. (2011). Dynamic customer demand VRP with soft time windows based on vehicle sharing. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 17(5), 1056-1063.
11. Ying-xin, C. H. E. N. (2012). Study on VRP [J]. *Application Research of Computers*, 6, 009.
12. Wang, S., Tao, F., Shi, Y., & Wen, H. (2017). cold chain logistics based on carbon tax. *Sustainability*, 9(5), 694.

13. Ali, O., Verlinden, B., & Van Oudheusden, D. (2009). Infield logistics planning for crop-harvesting operations. *Engineering Optimization*, 41(2), 183-197.
14. Anbuudayasankar, S. P., Ganesh, K., & Mohapatra, S. (2016). *Models for practical routing problems in logistics*. Springer International Pu.
15. Léauté, T., & Faltings, B. (2011, July). Coordinating logistics operations with privacy guarantees. In *IJCAI Proceedings-International Joint Conference on Artificial Intelligence* (Vol. 22, No. 3, p. 2482).
16. Sasikumar, P., Kannan, G., & Haq, A. N. (2009). A heuristic based approach to vehicle routing model 12(1), 106-125.
17. Jia, J., Liu, N., & Wang, R. (2008, October). Genetic algorithm for fuzzy logistics distribution vehicle routing problem. In *Service Operations and Logistics, and Informatics, 2008. IEEE/SOLI 2008. IEEE International Conference on* (Vol. 1, pp. 1427-1432). IEEE.
18. Bell, J. E., & Griffis, S. E. (2010). Swarm Intelligence: Logistics-Oriented Vehicle Routing Problems. *Journal of Business Logistics*, 31(2), 157-175.
19. Gen, M., Lin, L., & Jo, J. B. (2008). designing logistics network, VRP and AGV problems. In *Intelligent and Evolutionary Systems* (pp. 123-139). Springer, Berlin, Heidelberg.

